

# ENCICLOPEDIA VISUAL

4



SALVAT

Hombre y técnica · El mundo viviente · La tierra · Cultura · Ciencia y universo · Hombre y sociedad · Historia · El mundo moderno

# ENCICLOPEDIA VISUAL SALVAT

Volumen I - fascículo 4

**Director:**
Juan Salvat

**Director editorial:**
Joaquín Navarro

**Secretario de redacción:**
Carlos Gómez

**Colaboran en este volumen:**
Rita Arola
Antonio de Diego
José M.ª Folquet
Ignacio Gallego
José Ollé
José Luis Sánchez
Asunción Vilella

**Publicado por:**
Salvat Editores, S.A.
Mallorca, 41-49. Barcelona (España)



**Impresión:**
Gráficas Estella, S. A.
Estella (Navarra)-1981
D.L. NA-1159-1981
ISBN: 84.345.6049.6
Printed in Spain

**Argentina:**
Salvat Editores Argentina, S.A.
Corrientes 2777 - BUENOS AIRES
Distribuidor para la Capital Federal
y el GRAN BUENOS AIRES:
Distribuidora RUBBO. Garay, 4226
Distribuidor para el interior:
Distribuidora SADYE, S.A., Belgrano 355

**Colombia:**
Salvat Editores Colombiana, S.A.
Carrera 10, n.º 19-65, 4.º piso
Edificio Camacol - Apartado aéreo 65-52
BOGOTA

**Chile:**
Salvat Editores Chilena, Ltda.
Providencia, 2008 Dpto. A
SANTIAGO DE CHILE

**Ecuador:**
Salvat Editores Ecuatoriana, S.A.
Carondelet 280 y 10 de agosto
Casilla 2957 - QUITO

**México:**
Salvat Mexicana de Ediciones, S.A. de C.V.
Mariano Escobedo 438 - MEXICO 5 D.F.

**Puerto Rico:**
Salvat de Ediciones de PR INC.
G P O Box 4846
San Juan, PUERTO RICO 00936

**Venezuela:**
Salvat Editores Venezolana, S.A.
Gran Avenida - Edificio Arauca - CARACAS

La ENCICLOPEDIA VISUAL SALVAT se publica en forma de 140 fascículos de aparición semanal. Cada fascículo consta de 16 páginas interiores, encuadernables, y 4 de cubiertas.
Con el último fascículo que completa cada uno de los 8 volúmenes que componen la obra, se pondrán a la venta las tapas especiales diseñadas para la encuadernación del volumen. Además, reuniendo las dos últimas páginas de las cubiertas de los fascículos, se obtendrá una interesante colección encuadernable, titulada "Maravillas del mundo".

freno [8]. Como los discos giran al aire libre, el calor se disipa enseguida, evitando que se calienten demasiado y fallen, cosa que puede ocurrir con los frenos de tambor si se emplean muy seguido. El pedal del freno acciona los cuatro frenos mediante conductos hidráulicos. El freno de mano únicamente actúa en ambas ruedas traseras mediante conexión mecánica.

### La suspensión y la construcción

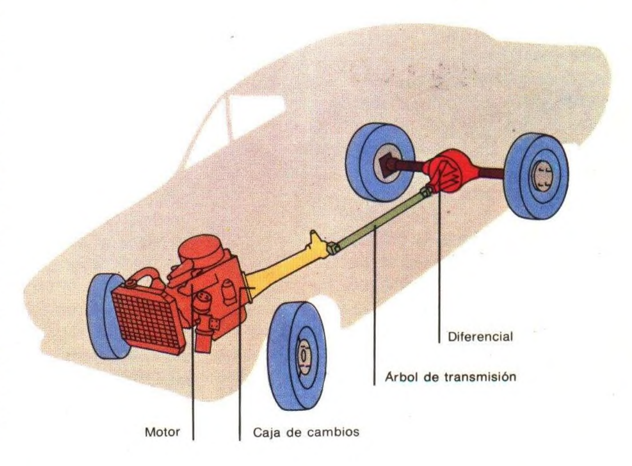
La *suspensión* proporciona a los pasajeros un viaje suave y confortable; protege también la carrocería y demás partes del coche, reduciendo el traqueteo [10]. Pero los muelles o ballestas solos darían lugar a rebotes, por lo que se usan amortiguadores para "absorber" las oscilaciones de los propios muelles. Las ballestas elípticas o semielípticas se han sustituido en muchos coches por muelles helicoidales, barras de torsión (que al retorcerse hacen de muelles), sistemas hidroneumáticos, elásticos de goma u otros varios tipos combinados.

Las ruedas delanteras están montadas sobre ejes separados, para que al accionar el volante de dirección cada una de las dos ruedas gire sobre su propio eje (describiendo la interior un arco más cerrado que la exterior). La *dirección de cremallera* [9], la más frecuente, tiene un piñón al final de la columna de dirección que engrana en una cremallera transversal, conectada con el brazo de dirección unido a cada rueda. La cremallera se mueve a izquierda o derecha cuando el volante de dirección es girado en el sentido correspondiente y orienta las ruedas hacia el lado requerido.

Hasta la década de 1930 se construían los coches sobre un *bastidor rígido,* que comprendía las ruedas y los demás mecanismos. Hoy día, en muchos casos se emplea la propia carrocería como armazón. Al soldar unas con otras las chapas estampadas, se forma una "caja" rígida en la que cada unidad contribuye a la resistencia de la estructura. Mediante la *construcción monocasco* se pueden construir coches más baratos y más ligeros que los montados sobre chasis. Algunos pequeños constructores emplean aleación ligera o carrocerías de fibra de vidrio, que precisan un chasis separado, a menudo una armazón tubular completa sobre la que se construye todo el coche.

CLAVE

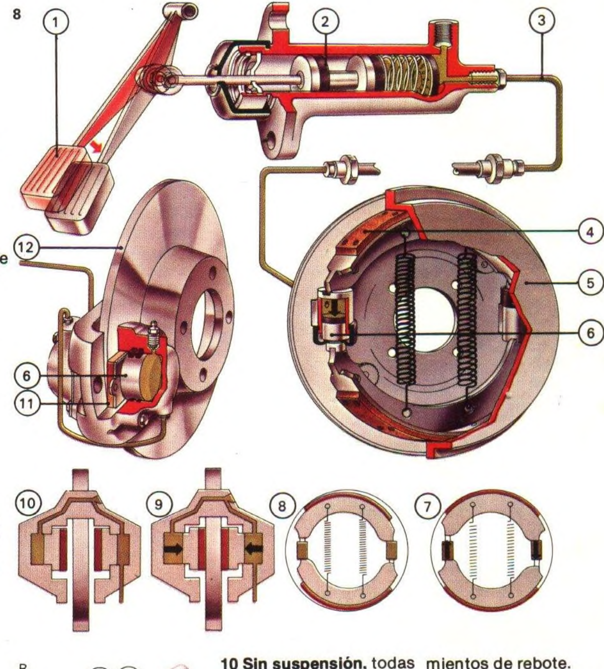
**Un coche típico moderno** tiene el motor colocado en la parte anterior, pero mueve las ruedas posteriores a través de la caja de cambios y del árbol de transmisión. Motor, dirección y suspensión se fijan en el cuerpo principal del coche, construido como una "caja" soldada a partir de elementos estructurales curvados. Muchos constructores diseñan coches que pueden llevar el volante a la derecha o a la izquierda para poderse adaptar a las normas de todos los países.




7

**7 El diferencial** permite que uno de los semiejes posteriores, y por consiguiente la rueda unida a él, gire más despacio que el otro cuando el coche toma una curva. Los dos semiejes transmiten el movimiento desde el diferencial hasta las ruedas. El diagrama muestra que, cuando el conductor hace girar el volante, la rueda interior trasera describe un arco más cerrado y corto que la correspondiente rueda exterior. Sin el uso del diferencial, al girar el coche se produciría un desgaste de los neumáticos y se perdería el control del vehículo. Un piñón situado en el extremo del árbol de transmisión hace girar la corona del diferencial, la cual, a su vez, hace girar a cuatro piñones cónicos. Ello hace posible que los semiejes puedan girar a un mismo tiempo y a distintas velocidades.

**8 Cuando se aprieta el pedal del freno,** el pistón del cilindro principal empuja un líquido hacia los cilindros de cada una de las ruedas, que a su vez mueven las zapatas o las pastillas del freno. Éstas presionan contra los tambores o los discos de freno. Las zapatas de freno son segmentos curvos de acero cubiertos de unos forros de un material duro y fibroso que frotan contra la parte interior del tambor del freno. Las pastillas aprietan los discos.



1 Pedal del freno
2 Cilindro principal
3 Conducto hidráulico
4 Zapata del freno y forro
5 Tambor del freno
6 Cilindros de las ruedas
7 Freno de tambor en acción
8 Freno de tambor en reposo
9 Freno de disco en acción
10 Freno de disco en reposo
11 Pastilla del freno
12 Disco

9

**9 Dos sistemas de dirección** son de uso corriente. La dirección por cremallera tiene un piñón dentado [1] en el extremo del árbol de dirección [2], el cual engrana en una cremallera transversal [3] que puede moverse a derecha o a izquierda. Sendos brazos de dirección, en cada extremo de la cremallera, transmiten este movimiento a las ruedas. En el sistema por caja de dirección (no mostrado aquí) hay un recinto con un engranaje de reducción. El engranaje mueve un brazo inclinado que, a su vez, acciona a otro, unido a las ruedas. Los numerosos sistemas con dirección asistida facilitan las maniobras de dirección por medio de un sistema hidráulico que es el que mueve el mecanismo.

10 A

B

**10 Sin suspensión,** todas las irregularidades de la superficie de la calzada las sentirían los ocupantes del coche; el problema se supera mediante sistemas elásticos que absorben los choques con la calzada, pero para evitar el rebote se deben añadir amortiguadores, que son a menudo cilindros llenos de aceite para disminuir la reacción de los muelles. El aceite, presionado por un pistón, pasa por unas válvulas estrechas que limitan el flujo, y aminoran los movimientos de rebote. En un coche moderno, cada rueda delantera tiene suspensión propia independiente con un tipo u otro de muelle y amortiguador. En [A] se representa una suspensión delantera con muelle helicoidal [1] y amortiguador telescópico [2]. En [B], una rueda trasera con ballesta [3] y amortiguador telescópico [4]. La suspensión independiente en las cuatro ruedas mejora las características de giro y la estabilidad del coche en la calzada.

# Coches y sociedad

El automóvil provisto de motor de combustión interna es de uso general desde hace menos de 70 años. Fue casi un juguete al principio, después un modo de transporte para los ricos, y finalmente ha llegado a formar parte de nuestro sistema de vida.

La producción de automóviles en serie, de la que Henry Ford fue el pionero, con su modelo T en 1908, hizo asequible este transporte para el hombre de la calle. Con el automóvil, la gente podía ir a cualquier parte, y esta nueva libertad impulsó el desarrollo de la industria turística. Los coches más caros se convirtieron en símbolo de un *status* social, en índices de la riqueza y de la importancia social de su propietario.

**Una amenaza para la sociedad**

Pero en la actualidad se está hablando de la posible muerte del automóvil. Hoy día, con más de 300 millones de vehículos en circulación, mucha gente cree que ahí puede estar la clave que solucione los problemas de la contaminación y de la escasez de carburante. Se considera que, en el futuro, la sociedad deberá olvidarse del automóvil tal como lo conocemos hoy: un vehículo de cuatro ruedas para cinco pasajeros, en el mejor de los casos, de unos 5 m de largo y 2,5 de ancho, que utiliza el ineficaz motor de combustión interna, despide gases tóxicos, produce ruidos molestos, congestiona las ciudades, agota el escaso combustible fósil que existe y comienza a reducir esa misma libertad de movimiento para la cual fue creado. Se impone un cambio radical en el tamaño de los automóviles, en el tipo de motor y en el transporte de personas.

**¿Qué tipo de motor?**

Toda combustión crea subproductos indeseables: monóxido de carbono, diversos hidrocarburos no quemados y, en los automóviles, óxido nítrico, sales de plomo, óxido de hierro y hollín. Las nuevas regulaciones que determinan el máximo contenido tóxico de los humos de escape han contribuido a reducir la contaminación del aire. Pero con sólo estas regulaciones no cabe esperar que se eliminen de forma completa los contaminantes que proceden del automóvil (ni siquiera siguiendo las normativas más estrictas, como las propuestas en Estados Unidos en 1975, que prevén una reducción de la contaminación en un 95 %). Además, difícilmente podrán tomarse medidas eficaces para combatir el ruido de los vehículos pesados que funcionan con toda la fuerza de su motor.

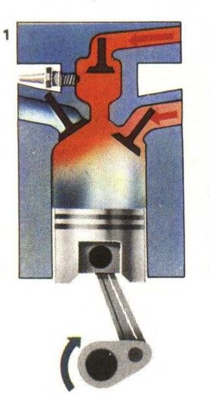
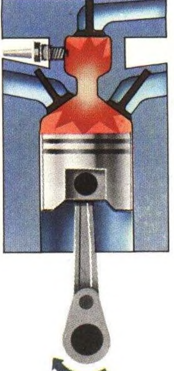
De todos modos, hace ya tiempo que los diseñadores de automóviles están pensando en nuevos motores más eficaces y menos contaminantes, y en el máximo aprovechamiento del espacio en los sistemas de transporte. Así, se está investigando intensamente en varios sistemas de transporte público, tales como los trenes sobre monorrail y los que se apoyan sobre un cojín de aire.

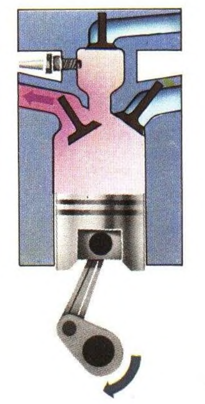
Durante los últimos 25 años se han ensayado vehículos propulsados por un motor de vapor, pero sus problemas básicos son el peso y el suministro de agua. También se están investigando sistemas de baja emisión de gases, tales como el motor de carga estratificada [1], la turbina de gas o el motor de Stirling (de aire caliente). Otros tipos de motores en ensayo son los movidos por energía eléctrica. Esta energía puede acumularse en baterías, que se recargarían en la red general de suministro eléctrico, o puede ser producida por pilas de combustible —un tipo de pilas electroquímicas—.


**REFERENCIAS**

**Véase también**
80 Tecnología del tráfico
52 Tranvías y autobuses
62 Ferrocarriles del futuro

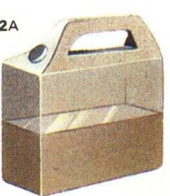

1

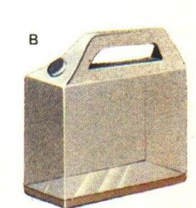


**1 El motor de carga estratificada** no es más que un motor convencional con la cabeza del cilindro y el sistema de inyección modificados. En un motor ordinario, la mezcla gasolina-aire tiene igual densidad en toda la cámara de combustión. En el motor de carga estratificada, por el contrario, la mezcla es más rica cerca de la bujía y más pobre en el resto; la mezcla próxima a la bujía se inflama rápidamente y el resto se quema de forma más completa.

2A

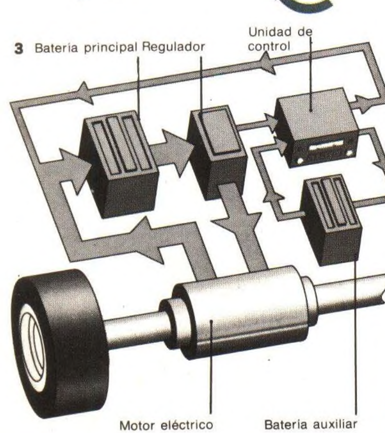


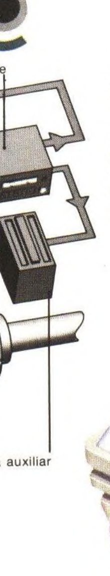
B



**2 De todas las sustancias que expulsa** un motor de combustión interna, la más peligrosa es el monóxido de carbono, invisible e inodoro. En estos dibujos se compara la cantidad de monóxido emitida por un motor de gasolina [A] con la emitida por un motor Diesel [B], treinta veces menor. Los gases emitidos por el tubo de escape de un motor Diesel bien ajustado contaminan menos el ambiente que los de un motor de gasolina.

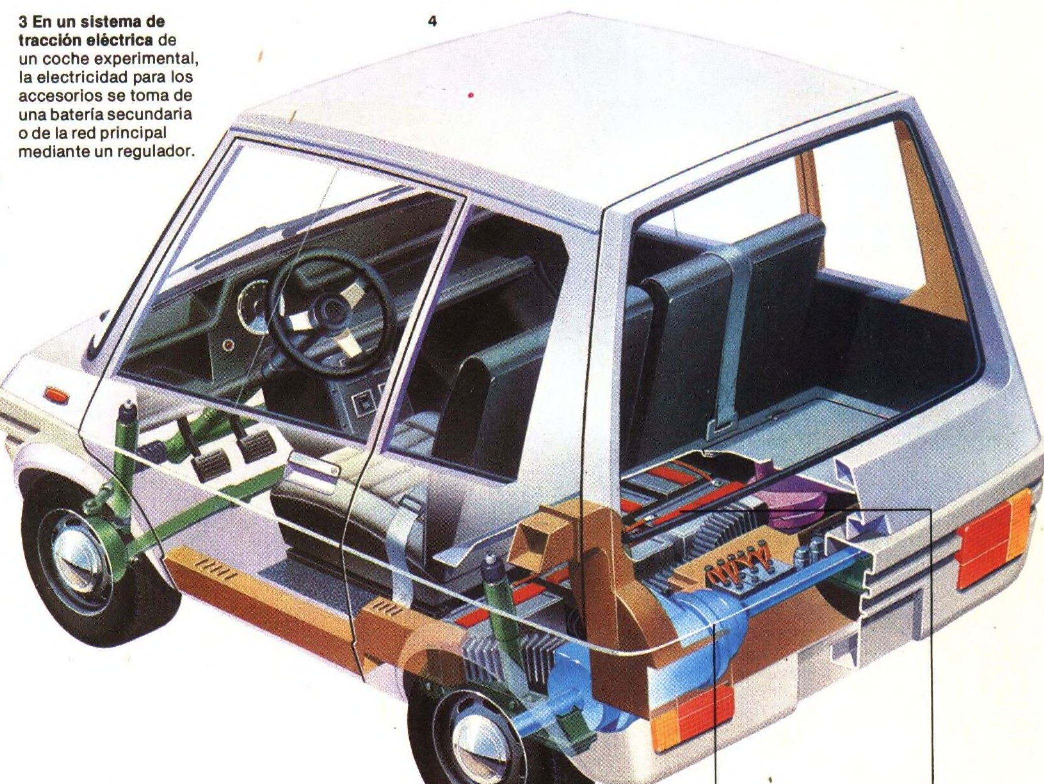
3



**3 En un sistema de tracción eléctrica** de un coche experimental, la electricidad para los accesorios se toma de una batería secundaria o de la red principal mediante un regulador.

4




**4 Este coche eléctrico experimental,** fabricado por la General Motors, constituye un buen medio de transporte personal para cortas distancias. El motor eléctrico, montado en el eje trasero, funciona con corriente continua suministrada por una batería de plomo y ácido de 84 V, que proporciona mayor autonomía que las baterías convencionales. La batería puede recargarse en 7 horas conectándola a un enchufe de la red doméstica. El coche tiene una autonomía de 93 km a 40 km/h.

La aplicación de este invento sería una de las más beneficiosas de nuestro tiempo, pero no es probable que se efectúe a corto plazo. Hasta la fecha se han producido más de 250 modelos distintos de coches urbanos movidos por electricidad; si se construyeran comercialmente, ello podría ayudar a solucionar los problemas de la contaminación y el ruido en las ciudades, además de ser más rentables energéticamente. También se están ensayando automóviles híbridos, que funcionan indistintamente con motor de combustión interna y con motor eléctrico [Clave].

**El futuro del motor de automóvil**

Las investigaciones actuales ya han producido avances técnicos encaminados a aliviar los problemas económicos y ecológicos, aunque por el momento no parece que los vayan a solucionar totalmente. La industria del automóvil ha perfeccionado el silenciador catalítico [6], que elimina los gases con gasolina de poco contenido en plomo. Se ha mejorado el aprovechamiento del combustible con el encendido electrónico, con el uso de neumáticos radiales de acero que tienen menor rozamiento, con motores de menor cubicaje y, principalmente en Estados Unidos, con la reintroducción de la marcha superdirecta.

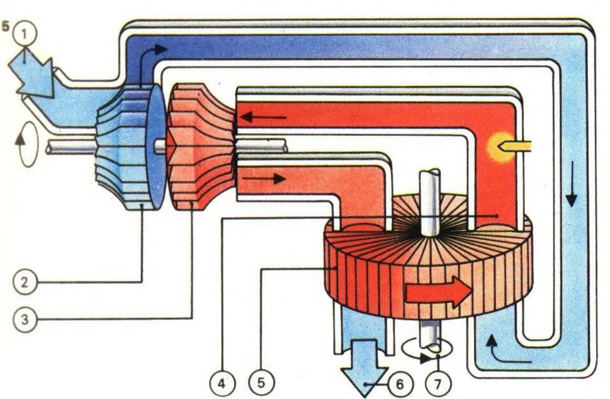
Son tres los objetivos principales para el futuro transporte en carretera. En primer lugar, los motores futuros (los de combustión interna aún se usarán, por lo menos, durante los próximos 15 años) deberán procurar el ahorro de combustible y la reducción de contaminantes en los gases del escape. En segundo lugar, debe proyectarse la estructura de los coches con una mayor preocupación por la seguridad, no sólo para evitar las heridas que puedan producirse en una colisión, sino también para prevenir los accidentes. En tercer lugar, ha de encontrarse una manera de controlar la densidad de tráfico en las ciudades y hacerlo fluido en las carreteras.

Los objetivos a largo plazo deben centrarse en encontrar una fuente de energía distinta de los combustibles fósiles, pues las reservas mundiales de petróleo se agotarán en un plazo no muy largo, si bien se cuenta todavía con las que proporcionarán las perforaciones submarinas. Y la sociedad debe reconsiderar drásticamente su actitud ante el transporte en carretera, las modalidades que reviste y la función que realiza.

CLAVE

Baterías
Motor eléctrico
Motor de gasolina

**Este coche híbrido** para usar en ciudad es una posible solución de la contaminación en las ciudades. En sus desplazamientos por el casco urbano, el coche es propulsado por su motor eléctrico, pero por carretera utiliza el de combustión interna. La unidad eléctrica sólo se usa cuando se debe reducir la contaminación; y el motor de gasolina, cuando funciona, carga las baterías.

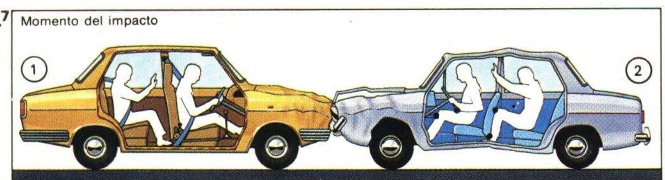


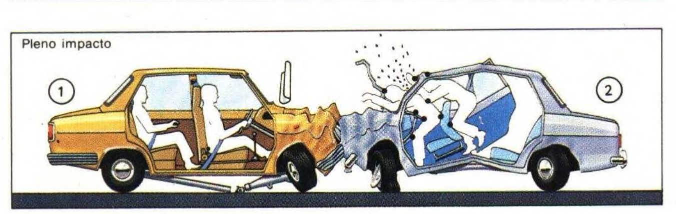

**5 El motor a turbina de gas** fue una creación original de la British Rover Company, la cual realizó los primeros ensayos en un coche en marzo de 1950. Es silencioso, potente, barato de mantener y funciona con carburante de bajo octanaje y sin aditivos de plomo. Sin embargo, su fabricación es cara.

1 Entrada de aire
2 Compresor radial
3 Turbina del compresor
4 Entrada del carburante
5 Turbina de potencia
6 Escape
7 Eje motor

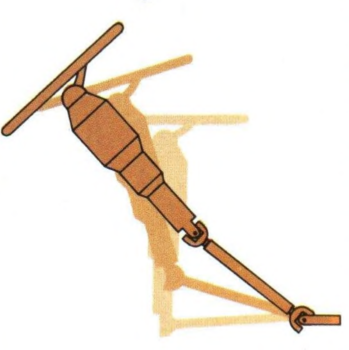
6

**6 Los convertidores catalíticos** incorporados al tubo de escape, dentro de silenciadores, son una solución parcial del actual problema de la contaminación. Los óxidos de nitrógeno se reducen a amoníaco en la primera capa catalítica, y los hidrocarburos y el monóxido de carbono se convierten en dióxido de carbono y agua en la segunda. El catalizador más adecuado sería el platino, pero es muy caro. El sistema es lo suficientemente eficaz como para que algunos fabricantes hayan podido dar a sus motores una mayor potencia, ya que con los convertidores catalíticos pueden "limpiar" la polución suplementaria en los gases de escape producida por ese aumento de potencia.

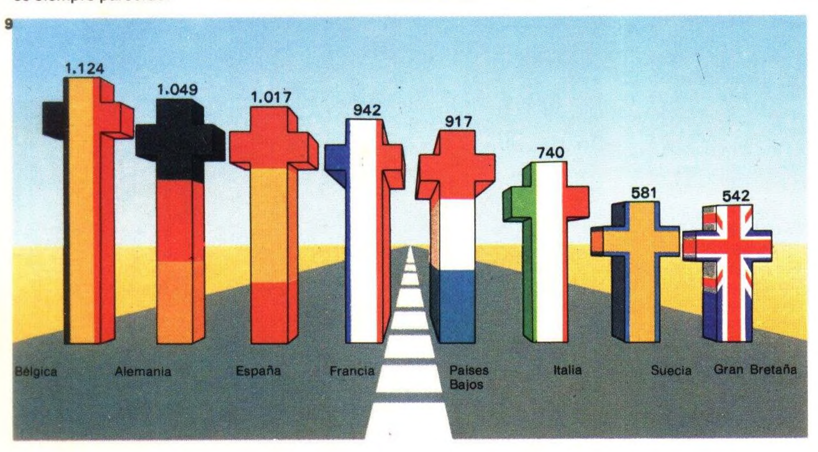


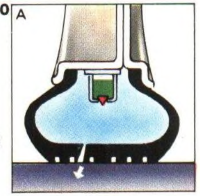

**7 El coche de seguridad** ideal [1] tiene un habitáculo rígido que protege a los pasajeros, sujetos por cinturones y apoyacabezas. La carrocería está proyectada para absorber el impacto, de modo que en caso de accidente el motor se desvía hacia abajo y la columna de dirección cede. Las heridas que sufren los pasajeros sin cinturón [2] dependen de la velocidad en el choque (aquí, 97 km/h), pero la localización y el tipo de las heridas es siempre parecido.




**8 Una columna de dirección deformable** está articulada hacia la mitad mediante una junta universal. Con una columna de dirección rígida ordinaria, una colisión frontal puede hacer que el volante se parta y que la columna de dirección se clave en el conductor. En cambio, la columna de dirección deformable cede con el impacto, absorbe parte de la energía y se desvía del conductor. La parte inferior del volante debería estar forrada, para no causar heridas.

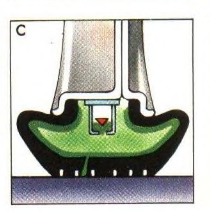


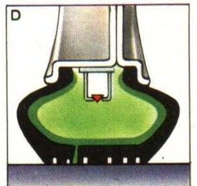

**9 Este gráfico** representa el número de muertos en accidentes de carretera por millón de vehículos en diversos países europeos en 1971. Estados Unidos tuvo 493 por millón, y Japón el doble que Bélgica.










**10 Un original sistema** para evitar el peligro que supone un pinchazo a gran velocidad: un anillo de recipientes [A] que se revientan cuando el neumático se desinfla [B], liberando un líquido que tapona el orificio [C] y que luego se vaporiza e infla el neumático [D].

# Tranvías y autobuses

**REFERENCIAS**

**Véase también**
54 Vehículos de uso especial
50 Coches y sociedad
60 Transporte por ferrocarril

La industrialización, o sea, la transformación de las pequeñas y diseminadas industrias caseras en fábricas y oficinas centralizadas, necesita buenos transportes de ida y vuelta. En las primeras fases de la industrialización, la gente emigró desde el campo para vivir a una distancia de sus puestos de trabajo que le permitiera ir a pie. Pero, cuando las ciudades se extendieron, se hizo necesario un medio eficaz de transporte de pasajeros para suministrar a la industria su mano de obra.

El automóvil se inventó demasiado tarde y, además, ocupa demasiada calzada en relación con el promedio de pasajeros que transporta, lo que ocasiona congestiones de tráfico. Las bicicletas son una solución posible, pero poca gente está dispuesta a usarla haga el tiempo que haga y en largos trechos. Así pues, son esenciales los transportes públicos.

**Transportes urbanos primitivos**

Las ciudades de Europa y América crecieron lo suficiente como para necesitar sistemas de transporte de pasajeros hacia principios del siglo XIX, cuando la única fuerza motriz disponible era el caballo. Se podía haber elegido el *ómnibus* arrastrado por caballos, por ser un desarrollo lógico de la diligencia; pero las ciudades estaban en tan mal estado, que viajar en estos vehículos era muy incómodo. Por eso se prefirió el *tranvía de caballos* al ómnibus, ya que los vehículos sobre raíles no sólo transportaban al público más suavemente, sino que permitían que un caballo arrastrase doble carga de viajeros, al rodar más suavemente. Los mineros medievales transportaban los minerales en bateas con ruedas, empujadas sobre primitivas vías de vigas de madera. La propia palabra *tranvía*, derivada de *traam* (en bajo alemán, "viga"), refleja su origen.

**Del tranvía al trolebús**

Los tranvías y los ferrocarriles progresaron simultáneamente. La primera red urbana de *tranvías* se extendió por Nueva York en la década de 1830, cuando ya se empezaban a construir ferrocarriles de vapor en Gran Bretaña. Pronto se aplicó el vapor a los tranvías, y la primera máquina de vapor que arrastraba un tranvía resopló por Nueva York en 1837. Europa se retrasó algo, no apareciendo la primera red de tranvías de caballos hasta 1860, en Gran Bretaña, y la primera de vapor hasta 1872 [Clave]. En cambio, Europa se adelantó en el paso siguiente, aún más importante, el de los *tranvías eléctricos* [1], que aparecieron por primera vez en Berlín en 1881.

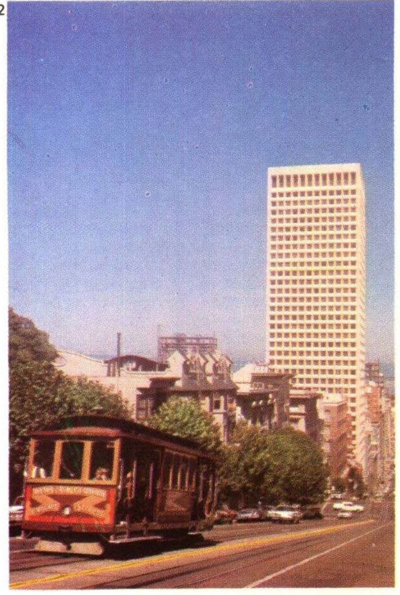
Coincidiendo con el desarrollo del tranvía eléctrico apareció el *trolebús*. En los primeros años de nuestro siglo ya funcionaban en Europa redes comerciales servidas por trolebuses, primero en Inglaterra en Leeds y Bradford, en 1911. Los trolebuses tenían troles gemelos que tomaban la corriente de sendos cables aéreos [4], ya que las ruedas de goma aislaban al vehículo del suelo. (Los tranvías sólo necesitan un cable de toma de corriente, cerrándose el circuito a través de las ruedas metálicas y los raíles.) Los primeros trolebuses tomaban la corriente por medio de troles con poleas que corrían por encima de los cables; pero se demostraron más eficaces los troles de muelles, como los de los tranvías.

El trolebús es un medio de transporte silencioso y sin humo, capaz de aceleraciones rápidas v con mayor movilidad que el tranvía. Se instalaron redes de trolebuses en



**1 El tranvía eléctrico** fue el primer medio de transporte urbano fiable y barato. Circulaba por raíles incrustados en el pavimento, por el centro de la calzada o por otra lateral. Tomaba la electricidad de un solo cable aéreo, mediante un trole de muelles que corría a lo largo de aquél, o bien a través de un colector en forma de arco (pantógrafo); también podía tomarla mediante un colector que se deslizaba por un conducto empotrado en la calzada entre los raíles. El cable aéreo formaba medio circuito, que quedaba completado por los raíles; en la conducción del suelo había, en cambio, un rail positivo y otro negativo. Los tranvías solían ser de dos *bogies* motores y llevaban salvavidas de madera delante de las ruedas para que nadie cayera bajo ellas. Los tranvías eléctricos y los trolebuses tenían frenos reostáticos en los que el motor del vehículo actúa como sistema de frenado, transformando energía cinética en electricidad que puede ser devuelta a los cables de la red.

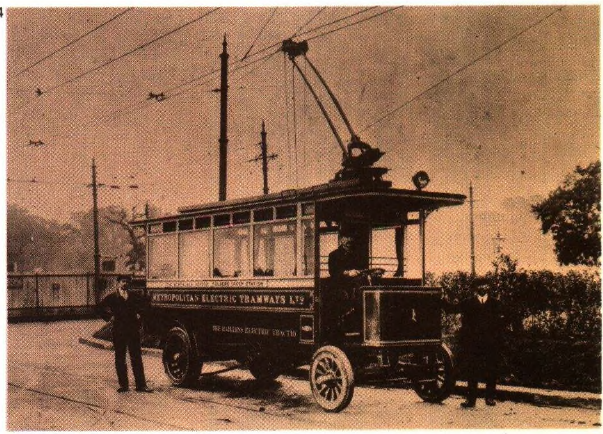


**2 San Francisco tiene el tranvía de cable** más antiguo, inaugurado en 1873. Otras ciudades de suelo accidentado adoptaron pronto tranvías arrastrados por cables. En Europa, el primer tranvía de cable fue el de Highgate Hill (1884), Londres. Otras ciudades conocidas por sus tranvías de cable fueron Melbourne, Kansas City y Wellington. Los tranvías de cable no resultaron muy seguros y no se utilizan ya más que en las ciudades de San Francisco y Wellington.




**3 Un tranvía articulado** cruzando una calle de Stuttgart, en Alemania Federal. En las redes modernas a menudo se acoplan unidades de esta forma, consiguiéndose así mayor volumen de transporte y más economía de funcionamiento.




**4 Los primeros trolebuses** los introdujeron las compañías tranviarias poco después de empezar el siglo XX. Al principio, los troles tomaban la corriente por medio de poleas que se deslizaban por encima de los cables, pero los posteriores lo hacían por debajo de éstos.

aquellos lugares en que las ciudades no querían sufragar el tendido de vías de tranvía, p. ej., en los suburbios.

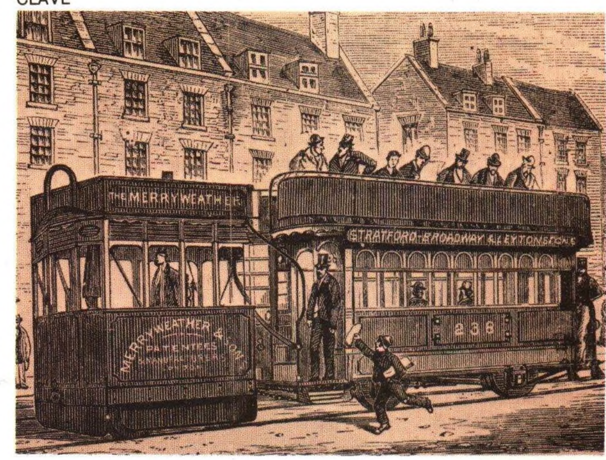
**Autobuses contra tranvías**

El primer vehículo público urbano, proyectado por Blaise Pascal, circuló por París en 1662, arrastrado por caballos. La palabra *ómnibus* (del latín *omnibus*, "para todos"), empezó a emplearse poco después de la aparición de los primeros vehículos públicos urbanos tirados por caballos, hacia 1829. Le siguieron pronto los *autobuses* de vapor, pero hasta 1895 no entró en servicio un elegante autobús con motor de gasolina construido en Alemania por Benz en el año 1895, cuando ya los tranvías estaban implantados.

Comparados con los tranvías, estos primeros autobuses eran pequeños, ruidosos, malolientes y, a causa de sus llantas macizas, traqueteantes [5]. Pero pronto los autobuses evolucionaron y los tranvías empezaron a declinar. A consecuencia de la II Guerra Mundial, numerosas redes tranviarias desaparecieron, porque muchos municipios decidieron no aceptar correr con los gastos que suponía su reconstrucción.

Al aumentar el tráfico motorizado, los tranvías obstaculizaron cada vez más a los coches, produciéndose serios atascos, mayores aún si se salían los troles o se cortaba la corriente. Los autobuses se hicieron más rentables y también resultaban más flexibles en las condiciones de tráfico que tranvías y trolebuses y, en consecuencia, casi los han sustituido. En varias ciudades europeas circulan todavía tranvías, y en la URSS y Suiza trolebuses. Los tranvías modernos son frecuentemente vehículos articulados [3] de varios coches acoplados, pero la flexibilidad del diseño ha sido siempre característica de los autobuses Los sucesores actuales de los elegantes charabanes turísticos de la década de 1920, descubiertos y con muchas puertas, son los lujosos autobuses de turismo de larga distancia, con aire acondicionado, lavabo y asientos reclinables [7]. Los autobuses urbanos con cobrador están dando paso a los de cobro automático a la entrada [6], con pocos asientos y gran espacio para pasajeros de pie, que permiten a las compañías reducir el personal. En las rutas de menor afluencia actúan microbuses y autobuses de recorrido concertado por teléfono.

CLAVE




**Pequeñas "locomotoras"** de vapor arrastraban los primeros tranvías mecánicos. En general, tenían calderas verticales y paneles laterales que ocultaban las partes móviles y las ruedas. Este tranvía circulaba por el East London en 1887. La máquina trabajaba a una presión de 7 atmósferas y quemaba unos 9 kg de carbón por hora de funcionamiento. Los pasajeros viajaban en un coche remolque desprovisto de motor, con la imperial sin protección contra la intemperie. Había otros tranvías con motores de aire comprimido.

**5 Los autobuses** empezaron a funcionar por las calles de París y de Londres a finales del siglo XIX. Sus motores de gasolina eran ruidosos y malolientes, pero los nuevos autobuses se demostraron pronto más adecuados que los tranvías por su ventaja de ir a cualquier lugar en donde existiesen carreteras. Este tipo inglés de autobús, el London General K424, se desarrolló a finales de la I Guerra Mundial, pero no entró en servicio hasta el año 1920.

5




6



**6 Los autobuses atendidos por un solo hombre** son de reciente introducción en las ciudades. El conductor cobra a los pasajeros o éstos introducen el dinero en una máquina automática. El sistema ahorra personal a las compañías, pero puede ocasionar atascos por la lentitud con que los viajeros entran en el autobús. En rutas urbanas cortas de gran concurrencia se emplean autobuses que sólo acomodan pasajeros en pie, aumentando el número transportado.

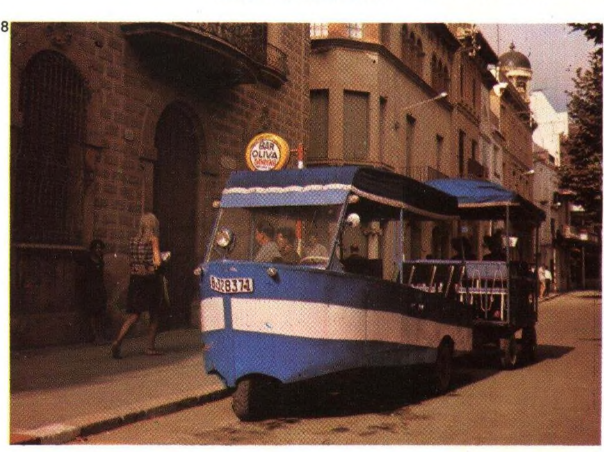
7




**7 Los autobuses de la red Greyhound** recorren la totalidad de Norteamérica, proporcionando un medio de transporte interurbano barato y fiable. Los pasajeros pueden pasar varios días y noches a bordo de estos autobuses.

**8 Este vehículo para turistas** recorre las calles de Sitges. La extravagante decoración de estos vehículos, destinada a atraer a los forasteros y a proporcionarles una agradable visita a la ciudad, nada tiene que ver con los transportes urbanos clásicos.

8



# Vehículos de uso especial

Los coches y camiones convencionales están diseñados para correr sobre carreteras con un buen firme y con ligeros gradientes, transportando cargas normales. En cambio, los vehículos de uso especial pueden viajar sobre terrenos inhabituales (zonas pantanosas, arenosas, escarpadas, etc.) o llevar cargas mucho mayores [4].

Los vehículos especiales se proyectan con el fin de sacar el mayor partido posible a componentes ya existentes. A un chasis de camión estándar se le puede adaptar una caja especial o diversos tipos de remolques [7]. Los componentes ya existentes pueden montarse sobre un chasis nuevo o sobre una estructura monocasco de planchas soldadas.

**Consideraciones básicas en el diseño**

La primera consideración debe ser el *tipo de carga* que se ha de transportar [1]. Ésta pueden ser dos prospectores de petróleo, 30 tm de madera o un cañón de 120 mm con munición y dotación. En general, para cargas a granel, son mejores los grandes vehículos [Clave]. Su tamaño hace que, fuera de la carretera, los obstáculos sean fáciles de superar: lo que sería un obstáculo para un vehículo convencional pierde importancia para ellos. Pero, en la carretera, muchos vehículos de uso especial son difíciles de manejar a causa de su excesivo tamaño.

También se ha de tener en cuenta el *terreno* por el que debe circular [5]. Un terreno blando exige que el tren de rodaje sea amplio, a fin de repartir el peso sobre una gran superficie, disminuyendo así su grado de hundimiento en el suelo [6]. Ha de poseer tracción suficiente para vencer la resistencia debida al hundimiento y para superar pendientes resbaladizas. Hay dos posibilidades: la *tracción en las cuatro ruedas* y las orugas.

Los vehículos con ruedas suelen ser más baratos y silenciosos que los de orugas. A vehículos pequeños pueden ponérseles ruedas muy grandes, lo que les hace aptos para terrenos blandos; además, con neumáticos de baja presión, pueden flotar. En algunos vehículos "todo terreno" (VTT), los neumáticos son tan anchos que las ruedas no pueden girar como en los sistemas de dirección normales; se dirigen haciendo que las ruedas de cada lado giren a distinta velocidad.

Para un tamaño y peso dados, las *orugas* se adhieren mejor que las ruedas y distribuyen el peso del vehículo de forma más regular, lo que las hace apropiadas para viajar a campo traviesa. Además, los vehículos provistos de orugas consumen menos carburante en condiciones difíciles [2]. Se dirigen como los VTT: frenando la oruga del lado hacia el que se pretende girar.

**La suspensión en trabajos "todo terreno"**

El tipo de suspensión viene determinado por la velocidad a la que el vehículo deberá moverse sobre el terreno más difícil que es probable que encuentre. Los camiones y coches diseñados para carreteras tienen sólo una ligera elasticidad de suspensión; si se conduce estos vehículos rápidamente a campo traviesa, la suspensión puede romperse. Por eso, los vehículos adaptados sólo con mínimas modificaciones para uso fuera de las calzadas [3] tienen una suspensión "dura", siendo tan incómodos que el conductor procurará no correr demasiado: los tractores agrícolas trabajan tan despacio que no suelen necesitar suspensión, aunque saltan a causa de la elasticidad de sus neumáticos. Los tractores de orugas no tienen elasticidad alguna: son muy lentos y se usan sólo para trabajos


REFERENCIAS

Véase también
52 Tranvías y autobuses
142 Máquinas para mover tierra
144 Moviendo pesos pesados
34 Aerodeslizadores e hidroalas
164 Vehículos de combate acorazados
62 Ferrocarriles del futuro


**1 Un camión compresor de basuras** tiene la caja cerrada (por cuestiones de higiene), montada sobre un chasis normal. En la parte posterior tiene un elevador hidráulico para subir y vaciar los cubos domésticos de basura, comprimiendo ésta hacia la parte anterior de la caja, para poder emplear completamente toda la capacidad de carga.

1

Elevador hidráulico



**2 Los vehículos comerciales de orugas** se usan sobre la nieve y en las áreas pantanosas de las zonas árticas, en Canadá, Alaska y la URSS. Son útiles en las compañías madereras y de prospecciones petrolíferas o de minerales. Abarcan desde pequeños tractores para arrastrar trineos, y los transportes de personal ligeramente mayores con calefacción en la cabina, hasta las enormes plataformas de hasta 40 tm de carga.

**3 El Jeep** se empezó a fabricar en 1941. Es de construcción sencilla y barata; fuerte, de buenas prestaciones campo a través y fácil de recuperar en caso de que se atollase o inmovilizase, dada su pequeñez y ligereza. El nombre de JEEP, transcripción taquigráfica de las iniciales de *General Purpose* (en inglés, "para usos generales"), refleja las muchas tareas que realiza. Con el parabrisas bajado y dotado de una ametralladora, constituye un buen vehículo para el reconocimiento; mediante sencillos accesorios para sujetar camillas se usó como ambulancia. Casi todos los vehículos de su tipo son más complejos y pesados.

3

1 Capota plegada
2 Municiones
3 Montaje de la ametralladora
4 Radio
5 Soporte de la antena
6 Parabrisas
7 Limpiaparabrisas movido a mano
8 Apoyos del parabrisas cuando está bajado
9 Torno del cabrestante
10 Tira de seguridad

021607-S

pesados. Los ejemplos clásicos de vehículos rápidos para todo terreno son los blindados militares, como los tanques, que tienen orugas y suspensiones de alta elasticidad.

Un pequeño coche familiar europeo en el que viaje sólo su conductor tiene una relación potencia-peso de unos 60 CV por tonelada, mientras que un coche deportivo puede llegar a los 180 CV por tonelada. En el otro extremo, el límite europeo para camiones está en un mínimo de 6 CV por tonelada (6 kW/tm), y los fabricantes tienen problemas en conseguir esta modesta potencia para grandes camiones en el límite de las 38 tm de peso en carga (que necesitan 304 CV).

Un motor Diesel es ideal en vehículos comerciales a causa de su economía de funcionamiento, a no ser que el vehículo sea pequeño o que precise una elevada potencia para un peso mínimo, para lo cual un motor de gasolina sería la mejor elección.

En general, la transmisión (el mecanismo que transmite el movimiento desde el motor hasta las ruedas o las orugas) debe ser adecuada tanto para viajes por carretera a velocidades relativamente elevadas, como para trabajos pesados y lentos en el campo. Debe proporcionar también la potencia necesaria para accionar poleas u otros accesorios. Excepto en los vehículos muy sencillos, la transmisión es tan pesada como el motor.

**La dirección de un vehículo especial**

Los vehículos cortos de orugas pueden dirigirse haciéndolas avanzar a diferentes velocidades. Un vehículo largo y estrecho se puede construir en dos partes, con una articulación motriz en medio, y conducirlo "doblándolo" hacia los lados por la articulación. Estos vehículos dan buenos rendimientos sobre terrenos blandos, como arcilla o nieve. En las mismas condiciones, un vehículo con ruedas debería tenerlas de gran diámetro en vez de anchas, pero raramente hay espacio suficiente para colocarlas. Cuando la superficie es inconsistente, son necesarios neumáticos con dibujo marcado.

Es difícil conseguir vehículos especiales que sean fiables. A menudo resulta imposible simular con precisión su uso específico durante los ensayos y, si se diseña con un excesivo margen de seguridad haciendo sus piezas más robustas de lo necesario, el vehículo puede resultar demasiado pesado.

CLAVE

**Un camión volquete,** por su tipo de trabajo duro, precisa de un diseño especial. Su carga está formada por partículas sueltas, como la arena, pero en general es muy densa. El mecanismo del volquete permite reducir los tiempos del ciclo de trabajo y que lo pueda manejar el conductor solo, siendo su explotación así más rentable.




4




**4 El Colossus,** de la marca inglesa Coles, es un camión de 28 ruedas diseñado como grúa móvil. Tiene una suspensión hidroneumática y motor Diesel turboalimentado de 300 CV. Al aguilón arriostrado de la grúa se le pueden añadir más secciones para hacer de ella una grúa de torre (pluma).

6

5



**5 Los coches de carreras** tienen forma de cuña y ruedas anchas, siendo así más rápidos en las curvas, pero al aumentar su resistencia al aire pierden velocidad punta.

**6 Los "buggies"** para desplazarse por zonas pantanosas de arenas movedizas o fondos blandos y profundos tienen anchos neumáticos de baja presión.

7

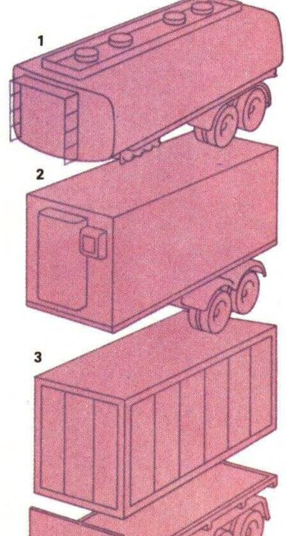
A



1

2

3



B

**7 Se dice que un camión es de chasis rígido** si la parte motriz y la caja son inseparables. Puede tener varios tipos de caja: descubierta [A], cisterna [1], refrigerada [2], contenedor [3] o plataforma [4]. Es más versátil un tractor independiente [B] combinado con semirremolques articulados diferentes. Posee buena capacidad de maniobra y permite un empleo más racional y económico de la parte motriz, ya que ésta puede reemprender viaje sin tener que esperar la descarga de la caja.

**8 Este vehículo blindado antidisturbios** pesa 20 toneladas, tiene la chapa y los vidrios a prueba de bala para proteger a su dotación de 15 hombres; monta un cañón de agua, pulverizadores especiales y una potente sirena. Puede ayudar a las autoridades a controlar alborotos cuando se desea emplear pocas fuerzas.

8



9

**9 Un hovercraft** puede desplazarse sobre toda clase de superficies planas, pudiéndosele emplear para viajar por tierra, por zonas pantanosas o sobre el agua. Tiene, pues, posibilidades para ser un vehículo militar óptimo.

# Pequeña tecnología y transporte

Las comunicaciones son un componente básico del progreso. Cuando hace medio siglo se construyeron canales para la irrigación en Indonesia, no pareció necesario construir caminos paralelos a ellos. Pero la falta de esos caminos hizo difícil la inspección y el mantenimiento de los canales, y de ello resultó su progresivo deterioro. Hoy día, para llevar alimentos a la creciente población indonesia se están reconstruyendo esos canales con caminos auxiliares... con un coste muy superior al que habrían tenido entonces.

Un sistema adecuado de transporte es también necesario para el comercio en general, sin el cual difícilmente puede haber una pequeña mejora continua en la calidad de vida de cualquier comunidad.

Los componentes básicos de las comunicaciones físicas son resultado de la tecnología. Cuanto más rica es una comunidad, más perfeccionada es la tecnología que desarrolla. El progreso es la consecuencia del dominio del hombre sobre el mundo en el que vive y de su capacidad para utilizar los recursos que están a su alcance. En regiones en que la construcción mecanizada de carreteras y el transporte moderno son demasiado costosos para las comunidades locales y donde el progreso está limitado por la falta de comunicaciones adecuadas, hay dos maneras de resolver el problema. La primera es utilizar la ayuda extranjera, sistema según el cual las naciones más ricas proporcionan a las más pobres dinero, materiales o personal preparado. La segunda consiste en usar tecnología más sencilla y menos costosa.

**Construcción de carreteras a bajo costo**

Los principios del trazado de carreteras son sencillos, y también puede ser sencilla su construcción [1, 2]. Hay que trasladar tierra, y a veces roca, hay que extraer la piedra, triturarla y esparcirla de acuerdo con un plan. Es importante conseguir una adecuada nivelación del firme, porque de él dependerá el perfecto drenaje de la carretera. Pero incluso la nivelación no requiere instrumentos y técnicas caros. Un método barato, pero preciso, consiste en usar un tubo de plástico transparente, de hasta 30 m, con sus extremos atados a un par de palos de madera. Los palos se clavan verticalmente en el suelo y el tubo se llena de agua. Si los palos están graduados, por ejemplo en centímetros, contando desde abajo, la diferencia de niveles del suelo en los puntos en que los palos están plantados puede determinarse fácilmente leyendo la altura del nivel del agua en los dos extremos del tubo y restando un dato del otro.

**La construcción de puentes**

Algunas carreteras han de atravesar un curso de agua. Cabe la posibilidad de construir un vado, pero el firme bajo el agua será arrastrado rápidamente si no se construye con hormigón bien fraguado. Por ello, en muchos casos es preciso construir un puente.

En los países desarrollados, un puente de carretera suele ser una estructura de hormigón armado, o de acero para los tramos mayores. Ambos materiales son ventajosos cuando las cargas transportadas son pesadas y numerosas. Pero esto no significa que sean los más adecuados para un puente que deba soportar tráfico ligero en zonas subdesarrolladas, donde el cemento y el acero tienen que traerse desde fuentes de abastecimiento lejanas y donde además puede abundar la madera o la piedra. Antes de que se generalizase el uso del hierro (hacia 1830) y del hor-

**REFERENCIAS**

**Véase también**
78 Construcción de calzadas
86 Historia de los puentes
106 Herramientas manuales
108 Artesanía de los metales




**1 Los métodos baratos de construcción de carreteras** varían según sean el clima y la disponibilidad de mano de obra y materiales. Los principios básicos son universales, y las siguientes alternativas a los métodos aceptados generalmente pueden ser adaptadas para adecuarse a situaciones cambiantes. El primer paso para construir una carretera de tierra es desbrozar el terreno de toda vegetación y de sus raíces [1]. Se talan los árboles de los bordes para que el sol llegue a la carretera y la seque. La tierra superficial se retira y se amontona [2] a no menos de 8 m del centro de la carretera. A ambos lados se cavan cunetas anchas [3] y la tierra que se saca de allí se esparce entre ellas para elevar el nivel de la carretera. Se apisona el suelo de la carretera con rodillos [4], asegurando que la sección tenga declives (para el drenaje) no menores de 1 por 20. Las cunetas deben tener inclinación longitudinal para que el agua pueda fluir [5]. La tierra superficial original debería disponerse sobre ambos márgenes de cada cuneta para favorecer el crecimiento de la hierba [6]. Se puede conseguir una superficie a prueba de lluvia en una carretera de tierra apisonada [7] extendiendo una capa de piedras de 5 cm, enrasando después y esparciendo piedras machacadas pequeñas para rellenar los huecos. Un apisonado final proporciona una capa superficial densa [8]. Se pueden construir puentes con tramos de madera prefabricados, apoyados en una viga de hierro y unidos entre sí con placas metálicas (como muestra el detalle).

migón (hacia 1890), la mayoría de los puentes eran obras de albañilería, de madera o una combinación de ambas.

Habitualmente, el problema del trazado de puentes no se considera un campo apto para la estandarización. Sin embargo, un reciente proyecto del departamento forestal de Kenia ha demostrado que la estandarización puede permitir un gran ahorro en los costes. Un ingeniero civil europeo que trabaja en ese departamento ha diseñado un tablero estándar de 30 metros de largo con madera de ciprés de Kenia. Los tableros se fabrican en un taller central, se llevan a su emplazamiento y allí se unen unos a otros para formar un puente. Dos de estos tableros prefabricados, dispuestos en paralelo, pueden soportar el peso de 20 toneladas. Si una carretera tiene que acondicionarse para vehículos más pesados pueden añadirse más elementos a un puente preexistente.

Para puentes más largos pueden construirse pilastras de madera sobre el cauce del río, para soportar dos o más tramos del puente. Se ha establecido un proyecto piloto que construye un tramo de puente cada tres días. Se usa algo de acero para los acoplamientos y los tirantes, pero la mayor parte del puente se construye con materiales y mano de obra local. En consecuencia, la proporción de materiales importados (y, por tanto, caros) se reduce a un mínimo.

**Transporte de bajo coste**

Los vehículos motorizados modernos pueden ser necesarios para transportar cargas pesadas en áreas rurales, pero las cargas medias pueden transportarse por sistemas tradicionales si se procura mantener al mínimo el rozamiento y los gradientes del camino. La construcción sistemática de carreteras proporciona una oportunidad para evitar las pendientes pronunciadas. Asegura también una superficie lisa y dura sobre la que los neumáticos pueden rodar con un mínimo de rozamiento. Los tipos modernos de rodamientos eliminan la otra fuente fundamental de rozamiento. De esta manera [3], un tiro de bueyes se puede emplear para llevar cargas pesadas de forma más eficaz. Otros medios para proporcionar transporte rural a bajo costo dependen del ambiente, así como también de los materiales disponibles en cada localidad.

CLAVE

A

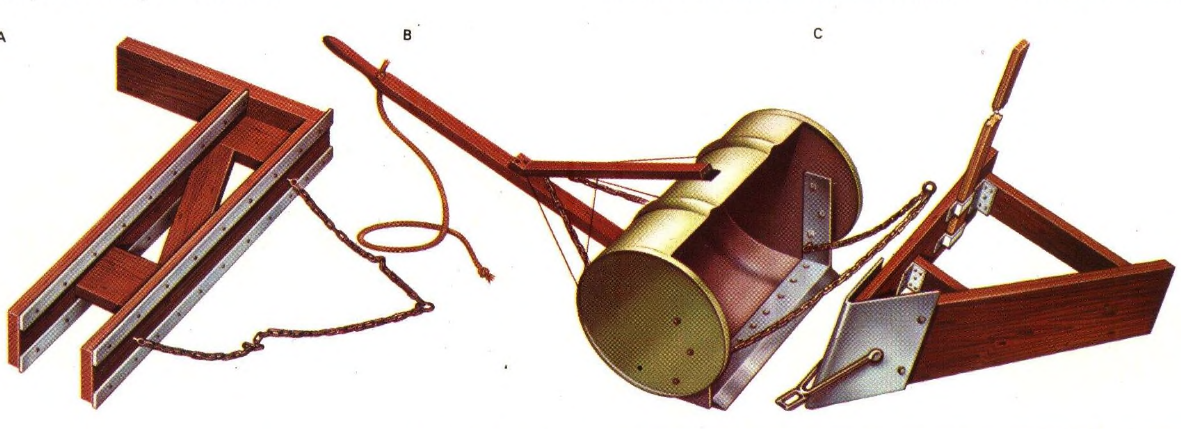


B



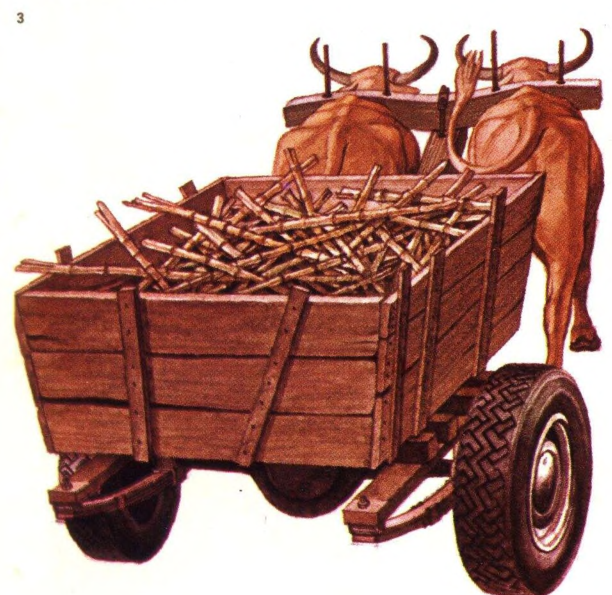
**Una carretera bien proyectada** no retiene el agua [A], sino que facilita el drenaje [B]. John McAdam desarrolló los principios básicos de una carretera apta para la circulación: es el subsuelo lo que soporta el tráfico; y cualquier suelo suficientemente apisonado, que se mantenga seco, puede soportar el peso de vehículos normales.

2 A




**2 Con esta niveladora** de 2,4 m [A] de rebordes metálicos arrastrada por dos bueyes se hicieron muchas de las primeras carreteras de EE.UU. Un hombre puede mover una carga de tierra con una sencilla traílla [B], hecha con un barril de metal fuerte, arrastrada por dos bueyes. Con la sencilla excavadora [C] en forma de V, de madera reforzada en el vértice con acero, se abren cunetas. Así, sin emplear modernas y costosas máquinas se construyen carreteras de tierra y de macadán de agua.

3



**3 La carreta de bueyes** es todavía el vehículo de transporte más usado en las áreas rurales de los países en vías de desarrollo. Tiene, con respecto a los vehículos motorizados, las ventajas de un mantenimiento barato y reparaciones simples; no precisa de otra energía que la del pienso de los bueyes, que además de no polucionar el aire proporcionan un valioso subproducto: el estiércol. La desventaja principal de la carreta de bueyes tradicional es la pérdida de energía por el primitivo rodamiento de sus ruedas y el roce de esas duras ruedas con la carretera. Si se cambian ejes y ruedas tradicionales por los trenes traseros de automóviles desguazados se podría dotar, con un gasto mínimo, de ruedas de goma a las carretas de bueyes, con la ventaja, además, de menor desgaste del firme de los caminos.

4



**4 Las barcazas,** allí donde existen vías acuáticas, constituyen un medio de transportar cargas pesadas económico. En las costas de China, una prueba de producción masiva de sampanes de hormigón armado ha dado lugar a un producto barato y de mayor duración. Los sampanes de seis a diez toneladas se construyen a mano sobre un foso, con la quilla hacia arriba, usando mamparos prefabricados sobre los que se disponen varillas de acero y telas metálicas antes de verter cemento.

5



**5 La *ricksha* de pedales** es un medio de transporte barato y adecuado en el Sudeste asiático, donde los ingresos personales son muy diferentes y hay gran desempleo. A veces hace la competencia directamente a medios de transporte más evolucionados, como autobuses y taxis. Son diversas las opiniones sobre la conveniencia moral de los transportes públicos movidos por la fuerza muscular humana, pero conductores como éste, que está descansando, consiguen mantener a su familia gracias a su trabajo, al tiempo que prestan un servicio.

# Locomotoras

La difusión del ferrocarril, que transformó la vida en el siglo XIX, va íntimamente unida a la locomotora de vapor, una de las máquinas más hermosas y románticas jamás construidas. El inglés Richard Trevithick (1771-1833) fue el inventor de la primera y rudimentaria locomotora [1], que rodó por primera vez en 1804.

**Primitivos sistemas ferroviarios**

Las primeras locomotoras de vapor que realizaron un trabajo útil se emplearon en las minas de carbón del nordeste de Inglaterra entre 1813 y 1820. En 1825 se inauguró un *ferrocarril público* entre las ciudades inglesas de Stockton y Darlington. Se había proyectado para tracción por caballos, pero George Stephenson (1781-1848), uno de los principales constructores de locomotoras para las minas de carbón, convenció a los directores de la conveniencia de hacerlo funcionar con una *locomotora de vapor* que arrastrase trenes más pesados que los que podrían arrastrar los caballos. El éxito de esta línea llevó a la construcción de un ferrocarril mucho más importante, entre Manchester y Liverpool. Se inauguró en 1830, en medio de una fuerte oposición de terratenientes, cocheros, barqueros... y del amplio sector de la población al que repugnaba todo cambio y que consideraba que las humeantes locomotoras eran engendros de Satanás. La locomotora *Rocket* ("cohete") [2] de Stephenson fue escogida para proporcionar la fuerza motriz, tras una fuerte competencia. Era pequeña y suficientemente ligera para circular sobre sólo cuatro ruedas sin romper los endebles raíles de hierro. Gracias a los progresos constantes, fue posible hacer calderas más resistentes y cilindros y émbolos más precisos y ajustados, logrando una locomotora capaz de desarrollar más potencia a mayor velocidad.

Durante un siglo, las locomotoras de vapor arrastraron los trenes por casi todo el mundo. No hubo avances técnicos espectaculares, pero su tamaño, potencia y velocidad fueron creciendo constantemente. En Europa, muchas redes de ferrocarril usaron raíles de gran calidad, capaces de soportar locomotoras de 100 tm que viajaban a 160 km/h. Pero en los Estados Unidos de la expansión hacia el Oeste y en la mayoría de los países jóvenes y en desarrollo, los raíles eran más ligeros y a menudo malos los tendidos, realizados por hombres que competían en completar un mayor número diario de kilómetros. Esto exigía poner más ruedas en cada locomotora, para así repartir mejor la carga. Las máquinas llegaron a ser identificadas por la disposición de sus ruedas; así, 4—6—2 designaba el número de ruedas directrices anteriores libres o portantes, motrices o acopladas y libres posteriores. Las velocidades eran limitadas y raramente excedían de los 80 km/h, excepto en uno o dos trayectos cortos para establecer récords.

Las locomotoras de vapor alcanzaron su apogeo hacia 1930. Las europeas eran limpias, espléndidamente pintadas con los colores de sus compañías; y las diseñadas para transporte de pasajeros podían alcanzar 160 km/h. Las locomotoras americanas tendían a ser más utilitarias. La demanda de mayor potencia condujo a aumentar su tamaño, convirtiéndose las locomotoras de vapor en los mayores vehículos terrestres de la historia.

**Locomotoras eléctricas**

El primer rival del vapor fue el motor eléctrico de corriente continua, adoptado en las


**REFERENCIAS**

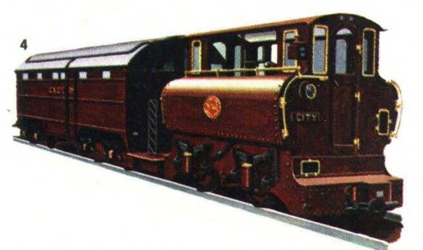
**Véase también**

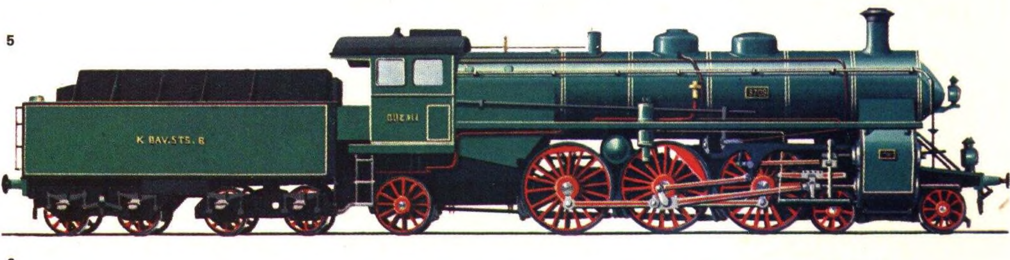
6 Máquinas de vapor
60 Transporte por ferrocarril
62 Ferrocarriles del futuro
52 Tranvías y autobuses
28 Historia del transporte
230 Tecnología moderna


**1 La primera locomotora comercial** la construyó Richard Trevithick en 1804 para la fundición Pen-y-Darran, en Gales. Tenía cuatro ruedas motrices, pero ninguna directriz ni portante libres. Los carriles no eran suficientemente fuertes y se rompían con frecuencia. Pero la locomotora de Trevithick demostró dos principios importantes: que las ruedas lisas de las locomotoras podían ir sobre los raíles lisos y que éstas podían arrastrar vagones con cargas considerables.

**2 La locomotora *Rocket*** fue el primer vehículo movido mecánicamente que se hizo famoso en el mundo entero. Diseñada por George Stephenson, tenía una disposición de ruedas 0-2-2 y un tipo de caldera más avanzado, con tubos calefactores. Ganó el concurso que propuso el nuevo ferrocarril de Liverpool a Manchester en 1829; sin convoy, estableció una velocidad récord: 47 km por hora. Gracias a ella, el ser humano podía ir a velocidad mayor que la que proporcionaban los caballos domesticados.

**3 La *General*,** construida en 1855 para la Western & Atlantic Railroads de EE.UU., tipifica a las locomotoras que abrieron el Oeste americano. Viajaba por tendidos malos y sin guardar. El rastrillo anterior servía para apartar animales y la alta chimenea retenía las chispas.








**4 La tracción eléctrica** la introdujo en el ferrocarril subterráneo del centro de Londres, en 1890, la compañía City & South London.

**5 La locomotora del tipo 53/6** del ferrocarril del estado de Baviera se puso en servicio en 1908 para trenes de viajeros prestigiosos; tenía una máquina de vapor *compound* de 4 cilindros. La disposición de ruedas era del tipo Pacific 4-6-2.

**6 La locomotora inglesa de vapor *Mallard*** ("Ánade real") estableció en 1938 el récord de velocidad en 208 km/h, arrastrando un tren de 7 vagones.

ciudades (especialmente en los ferrocarriles subterráneos) para evitar la polución. El primer *tren eléctrico* funcionó en una exposición en Berlín en 1879. Pronto, países como Suiza o Noruega descubrieron que, gracias al desarrollo de las centrales hidroeléctricas, era más barato producir electricidad que quemar lignito o leña, y electrificaron todas sus redes de ferrocarril.

Hoy, el motor eléctrico se considera la mejor forma de tracción para el ferrocarril, pero los altos costes de la inversión inicial impiden su introducción excepto en las líneas más concurridas. Ya en 1955, los ferrocarriles franceses demostraron que los trenes eléctricos de tipo convencional [9] podían correr a más de 320 km/h. La línea japonesa del Nuevo Tokaido [10] consiguió un salto brusco en velocidad, porque el tendido de la línea se hizo para altas velocidades.

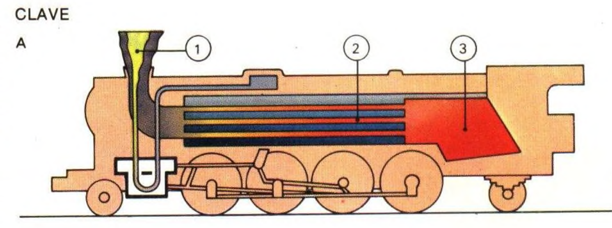
## La tracción Diesel

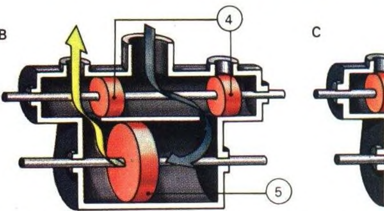
Hacia 1920 se generalizaron las primeras *locomotoras* y *automotores Diesel*, con motores de gas-oil de ignición por compresión, desarrollados por el ingeniero alemán Rudolph Diesel (1858-1913). Aunque solían ser ruidosos, los motores Diesel tenían mayor aceleración y convertían en potencia de arrastre entre un 25 y un 45 % de la energía de su combustible, mientras que la eficacia de la máquina de vapor raramente rebasaba el 8 %.

Las locomotoras Diesel se ponen en marcha y se detienen fácilmente, no queman carburante cuando no trabajan y pueden funcionar casi a su máxima potencia durante horas seguidas sin excesiva fatiga ni para los motores ni para los maquinistas (en contraste con la sucia esclavitud de los antiguos fogoneros). Muchas locomotoras Diesel recorren más de 160.000 km al año, y los modelos modernos son de gran fiabilidad, versátiles y además rápidos [11, 12].

En las locomotoras Diesel, la transmisión suele hacerse hidráulica o eléctricamente. Las locomotoras hidráulicas son baterías de turbinas movidas por aceite a gran presión que pueden transmitir suavemente 2.000 CV de potencia. En las eléctricas, el motor mueve un generador, que se emplea para proporcionar corriente a motores eléctricos de tracción similares a los de las locomotoras eléctricas.

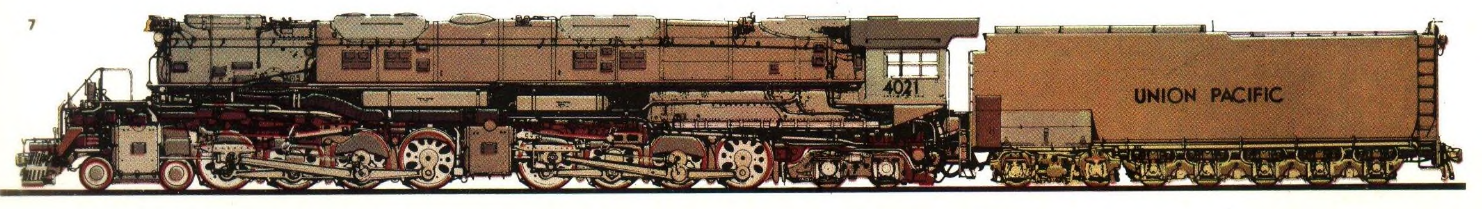
CLAVE




**La máquina de doble efecto** que mueve una locomotora de vapor [A] emplea el que produce una caldera [2]. Los humos procedentes del hogar [3] son llevados hasta la chimenea [1]. El vapor penetra en el cilindro [B] y desplaza hacia atrás al pistón [5]. Éste mueve las ruedas mediante las bielas, que también mueven las válvulas [4] desviando el vapor hacia el otro lado del pistón, que es empujado en dirección contraria [C]. Así, el pistón se mueve alternativamente hacia atrás y adelante, arrastrando a las ruedas acopladas a él mediante las bielas. El vapor usado, aún caliente, se dispersa en la atmósfera, desperdiciando energía, por lo que la máquina tiene una baja eficacia.

7




**7 La clase "Big Boy",** de la Union Pacific, fueron las locomotoras más pesadas que se han construido, con sus 540 tm. Con una disposición 4-8-8-4, tiraba de pesados trenes de carga por las Rocosas, a 120 km por hora.

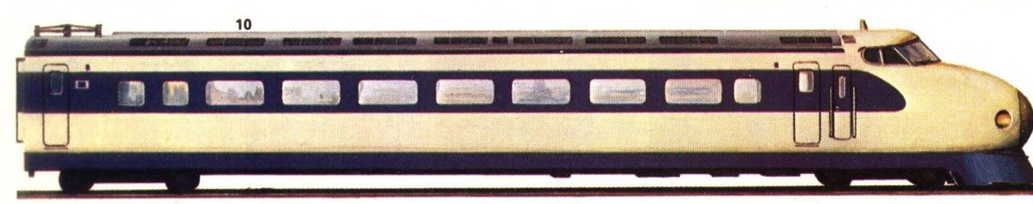
8



9




10



**8 Las *Beyer-Garratt* articuladas** (4-6-4 + 4-6-4) ejemplifican cómo se puede adecuar potentes locomotoras a tendidos ligeros. La caldera daba el vapor a dos máquinas articuladas entre sí, en una sola unidad flexible y poderosa.

**9 Una locomotora CC 7100** Alsthom, clase que emplean la SCNF francesa y la RENFE, en 1955 batió el récord de velocidad, tirando de un convoy ligero a 332 km/h. Era un modelo estándar, al que se habían acoplado mayores engranajes.

**10 Los expresos *Nuevo Tokaido* japoneses** iniciaron sus recorridos Tokio-Osaka en 1964. Cada unidad tiene una potencia de 12.000 CV y cubre el trayecto de 515 km en tres horas, pero los costes de su explotación son altos.

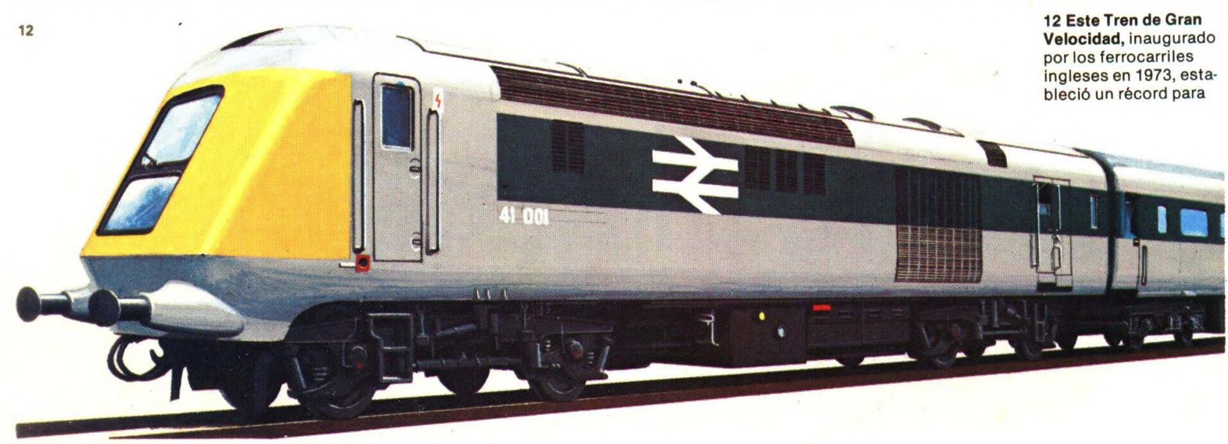
11






**11 Esta locomotora Diesel eléctrica,** construida en 1972 en Montreal para África Oriental, es un ejemplo de las actuales locomotoras. Reparte su peso sobre ocho ejes, montados sobre cuatro bogies pivotantes y es de diseño funcional.

12




**12 Este Tren de Gran Velocidad,** inaugurado por los ferrocarriles ingleses en 1973, estableció un récord para trenes Diesel con una velocidad de 230 km/h. Presta servicio general desde 1976 a una velocidad punta de 200 km/h, que le imprimen sus ligeros pero potentes motores Diesel de 4.500 CV, situados en ambos extremos. En España se está experimentando un nuevo diseño de tren basculante, que permitirá acometer los virajes del accidentado trazado de la red nacional a mayores velocidades y con mayor seguridad. Los trazados, las vías y la señalización para los trenes de altas velocidades tienen características especiales.

# Transporte por ferrocarril

El hombre construyó vehículos sobre carriles mucho antes de tener máquinas de vapor. Los carriles más antiguos eran de madera y se empleaban ya en el siglo XIV. Se construyeron para superar las limitaciones de las demás formas de transporte terrestre: con el tendido de carriles se evitaban baches y roderas y el deterioro de los caminos por la acción de la intemperie, al tiempo que se reducía el rozamiento y la resistencia al avance de los vehículos con ruedas, de tal forma que una fuerza determinada podía trasladar una carga más pesada.

**Los primeros ferrocarriles**

La mayoría de los ferrocarriles construidos antes de 1825 [1] eran lo que hoy llamaríamos tranvías. Hacían unos recorridos de unos 3 km o menos, transportando un solo tipo de mercancía, como carbón o piedras (p. ej., entre una mina o una cantera y un muelle de carga para barcos). Los vagones eran arrastrados por caballos o por seres humanos. El material móvil estaba construido de madera, reforzada y unida con metal. La lisura de los carriles permitía que las ruedas fueran mucho menores que las de los carros que circulaban por caminos. Los carriles, de madera o de hierro, estaban construidos con reborde exterior, interior o doble para que las vagonetas no se salieran al circular por ellos.

Al principio, las vagonetas se empujaban individualmente. Pero el creciente tráfico indujo a unir dos o más, con sencillos enganches de hierro. Normalmente, los caballos o los hombres tenían que empujarlas sólo sobre trechos cortos o en el viaje de regreso, pues el recorrido desde la bocamina hasta el muelle era casi siempre cuesta abajo. A menudo un caballo podía descender en un vagón, para después remolcar el tren vacío de regreso a la mina. No existía ni señalización ni control de tráfico, y la ausencia de frenos significaba que los trenes cargados de carbón corrían ladera abajo completamente descontrolados.

**Mejoras y estandarización**

Hasta 1820 no se instalaron unos rústicos frenos de fricción, y luego se inventaron poderosos frenos de aire, de vapor y de vacío. El freno de aire que George Westinghouse (1846-1914) puso en servicio en 1869 [6] acortó la distancia necesaria para frenar en un tramo horizontal en un 90 %.

Hacia 1820 ya se habían establecido varias de las características básicas de los ferrocarriles. La vía ya no era de madera sino de hierro, y en 1870 se construía ya con secciones estándar de acero de alta resistencia. El reborde del carril había sido sustituido por la pestaña en los bordes internos de las ruedas, que estaban fijadas por pares en los ejes.

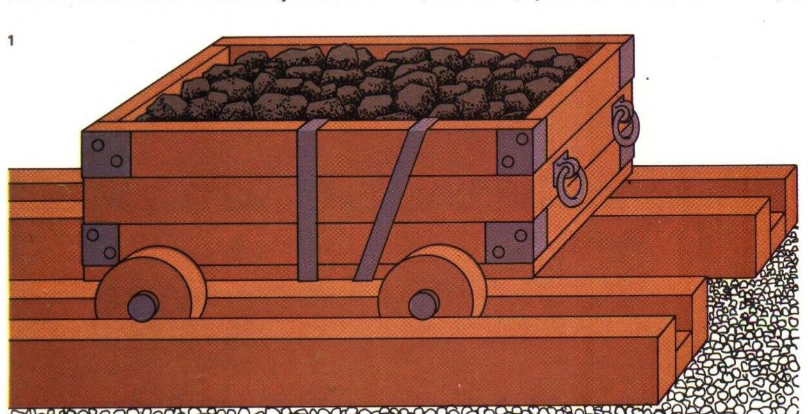
El material rodante se tuvo que adecuar al gálibo de carga de la línea, de modo que no se proyectase hacia afuera o hacia arriba ninguna parte que pudiera chocar contra un túnel, puente o señal. La restricción del gálibo significó que para aumentar la capacidad de carga se tenían que hacer más largos los vagones, pero pasando por las curvas sin hacer salir las pestañas de los carriles. Hacia 1845 eran corrientes los vagones de mercancías de tres ejes, soportados por cajas fijadas al bastidor del vehículo. Hacia 1875, los coches tenían bogies giratorios de dos ejes, que permitían mayor longitud y reducían el radio mínimo de curva que podían tomar.

Por entonces los trenes comprendían a veces 12 vagones de viajeros, provistos de bo-


REFERENCIAS

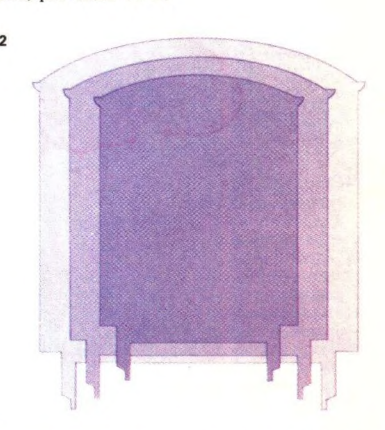
Véase también
58 Locomotoras
62 Ferrocarriles del futuro
86 Historia de los puentes
88 Puentes modernos
28 Historia del transporte
84 Tecnología de los túneles


1



**1 Esta vagoneta para sacar mineral de hierro** de una mina se usó en el s. XVI. Sus ruedas planas de madera rodaban sobre carriles, también de madera y provistos de rebordes, surcos u otros sistemas que las guiaban sobre ellos.

2

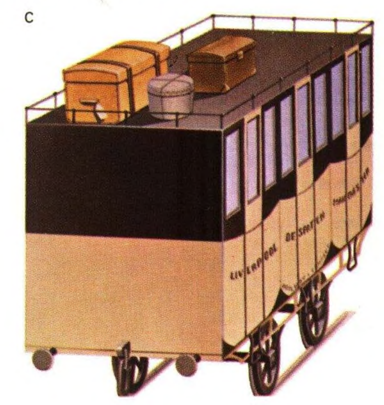


**2 Los anchos de vía** de los ferrocarriles de todo el mundo varían de 1,68 m hasta menos de 0,60 m. El ancho de vía español es de 1,674 m, pero el internacional de casi todos los demás países de Europa y de Norteamérica es 1,435 m.

3A

B

C



**3 Los primitivos vagones de viajeros** fijaron la idea de que debía haber tres clases diferentes de confort en el viaje, que se pagarían a tres precios distintos a su vez. La 3.ª clase era simplemente un vagón descubierto [A]; la 2.ª era también descubierta [B], pero con asientos; y la lujosa 1.ª clase [C] alojaba a los viajeros en tres compartimientos que simulaban tres coches de caballos unidos unos a otros sobre un solo chasis. Los tres se diseñaban para viajar en un tren.

**4 Las unidades de metro** más modernas de varias ciudades de Europa y de Norteamérica están aquí representadas. El primer ferrocarril metropolitano del mundo se inauguró en 1863, en Londres, y ya el primer año de su funcionamiento trasladó a 9,5 millones de viajeros. Desde entonces, los metros transportan a la gente de muchas de las grandes ciudades del mundo desarrollado.

4 Nueva York — Berlin — Montreal — Londres



gies y con enganches estándar. Las autoridades de las explotaciones estandarizaron gradualmente los sistemas preferidos.

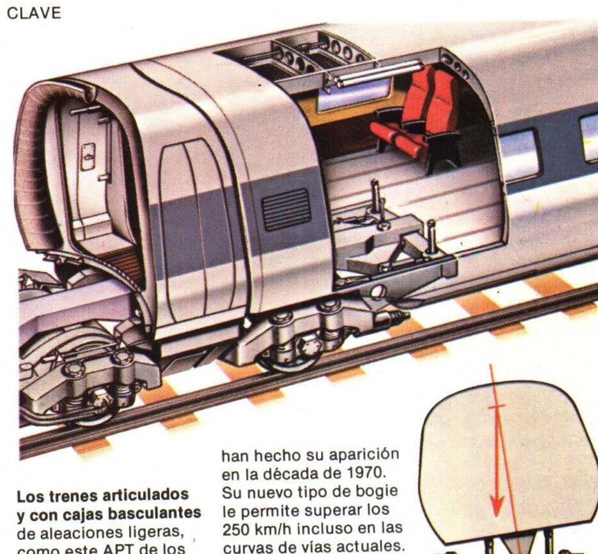
En el siglo XX se hizo necesario adoptar un ancho de vía normalizado [2] y hacer que todo el material rodante tuviera sistemas estándar de frenado y control, de calefacción y alumbrado y, sobre todo, de enganche. Los primeros enganches se enganchaban a mano, pero hacia 1925 se empezaron a emplear sistema automáticos. Éstos semejaban fuertes garras que podían cerrarse de golpe simplemente al empujar un vagón contra otro e impedían que éstos volcasen si sus ruedas se descarrilaban [5].

**Transporte de viajeros por ferrocarril**

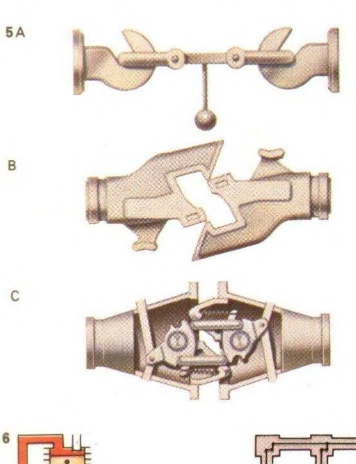
Los comienzos del siglo XX fueron testigo de la creciente construcción de ferrocarriles subterráneos urbanos y de ferrocarriles de tránsito rápido. Esto condujo a un nuevo material rodante [4], diseñado sólo para transportar viajeros, a menudo con un gálibo de carga pequeño para las líneas subterráneas y con tracción eléctrica (que tomaban de uno o dos carriles conductores de corriente adicionales). A diferencia de los ferrocarriles primitivos, tenían motores eléctricos a lo largo de todo el convoy, no una locomotora separada que arrastrase el material rodante.

Estos trenes de unidades múltiples son muy flexibles: pueden componerse de un número variable de grupos pequeños de coches, que pueden viajar en cualquiera de las dos direcciones. Poseen también rápida aceleración (pues la relación potencia/peso es muy elevada) y frenos potentes. Algunos llevan neumáticos de goma (para reducir el ruido) y casi todos tienen puertas correderas movidas mecánicamente. El material más moderno está equipado con control automático: aunque va un conductor en el tren, lo hace sólo como un observador pasivo. Una tecnología similar se aplica en los trenes de pasajeros de largo recorrido. Actualmente se aplica la propulsión a la mayor parte o a todos los ejes a lo largo del tren, así como frenos de turbina de agua para reducir la marcha desde velocidades muy elevadas. Los últimos modelos tienen cajas que pueden bascular suavemente en las curvas [Clave]. La madera y el acero han dado paso a los plásticos reforzados con fibra de vidrio y a las aleaciones ligeras.

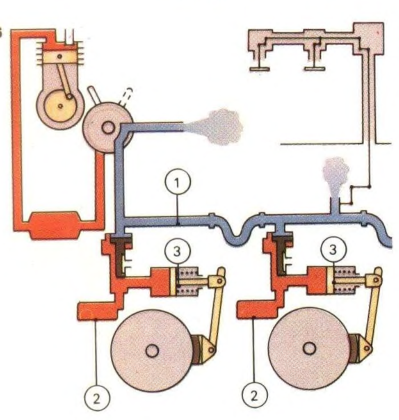
CLAVE



**Los trenes articulados y con cajas basculantes** de aleaciones ligeras, como este APT de los ferrocarriles ingleses, son la última innovación en trenes de pasajeros de alta velocidad; han hecho su aparición en la década de 1970. Su nuevo tipo de bogie le permite superar los 250 km/h incluso en las curvas de vías actuales. España está a punto de poner en servicio un tren rápido basculante de diseño nacional.




**5 Los primeros sistemas de enganche** entre los vagones de ferrocarril fueron simples ganchos y cadenas [A] con topes provistos de muelles para absorber los golpes. Sistemas de enganche y desenganche automático [B] se emplearon en EE.UU. en 1882 y se han perfeccionado hasta los actuales [C], de los que algunos incluyen las conexiones para frenos, controles eléctricos y calefacción. Los topes de los vagones americanos son a base de muelles y aparatos de fricción e hidráulicos.




**6 El freno neumático,** patentado por George Westinghouse en 1869, es el sistema más usado en los ferrocarriles. Las tuberías del freno están llenas de aire comprimido. Al accionar el freno, el aire de la tubería principal [1] se escapa. Entonces los depósitos auxiliares [2], aún llenos de aire comprimido, se conectan automáticamente con los cilindros del freno, y sus émbolos [3] se desplazan hacia adelante, forzando a las zapatas de frenado contra las ruedas de los vagones.







**7 Los vagones de mercancías** se diseñan para el transporte especializado. Los tamaños de estos vagones han llegado al máximo que los tendidos actuales pueden tolerar; pero en muchos países se hacen investigaciones para conseguir que los trenes de mercancías del futuro circulen con una mayor seguridad a velocidades de 235 km por hora como mínimo, sobre tendidos reformados.

A CIE (Irlanda): contenedores sobre vagón plataforma
B SCNF (Francia) transporte de coches
C Ferrocarriles Federales Austriacos: vagón cisterna de gases licuados
D Canadian Pacific: coche furgón
E Western Pacific (EE.UU.): coche furgón
F Ferrocarriles de Nueva Zelanda: vagón tolva para carbón
G Penn Central (EE.UU.): vagón descubierto
H Ferrocarriles Sudaustralianos: vagón tolva de cereales
I Ferrocarriles de Finlandia: plataforma maderera
J Ferrocarriles Italianos: furgón refrigerado
K Ferrocarriles Británicos: vagón para cemento a granel
L Ferrocarriles de la India: vagón tolva de carbón

# Ferrocarriles del futuro

Los ferrocarriles del futuro no aportarán innovaciones espectaculares, sino que serán un desarrollo de los de hoy. La mayor parte de los ferrocarriles se desplazan por dos raíles de acero con una separación o "galga" que suele ser de 1,43 metros, 1,07 metros, 1 metro y de 1,674 metros en España y Portugal. Sumas de dinero equivalentes a miles de millones de pesetas actuales se invirtieron para construir estas vías, y dada la situación económica de inflación y costes de trabajo y de material en rápido crecimiento, es difícil imaginar que se puedan hacer cambios fundamentales. Sólo allí donde no hay ningún tipo de ferrocarril pueden adoptarse nuevos sistemas sin la pérdida económica que supondría suprimir los ya existentes. Aun así, se está haciendo mucho por mejorar la eficacia del sistema "tradicional" de dos raíles.

### Tendencias provechosas en los ferrocarriles

Uno de los esfuerzos más eficaces consiste en la eliminación de embotellamientos en el tráfico, pasos a nivel, curvas pronunciadas, etc. Otra mejora posible es construir el *tendido* de una forma distinta. En lugar de tender raíles y traviesas sobre un lecho de balasto, lo cual requiere una atención continua, se podría construir con elementos prefabricados de hormigón tendidos directamente sobre suelo firme [2]. El coste de mantenimiento de esta vía puede llegar a ser menor de la décima parte de un tendido tradicional.

Otra mejora importante es el *automatismo*. Los ferrocarriles actuales lo están introduciendo mediante el control y la comunicación [1] electrónicos, que requieren señales o cables a lo largo de las vías para comunicar los trenes y el centro de control computadorizado [3]. Así se puede, automáticamente, poner los trenes en marcha, acelerarlos con precisión, manteniéndolos a la velocidad óptima en cada momento, llevarles a la vía correcta y hacerles cumplir todo tipo de limitación. Cualquier emergencia puede conocerse al instante en todo el sistema, pudiendo el computador seleccionar su programa más adecuado para reordenar el tráfico. Empleando formas primitivas de este tipo de control, sistemas de tráfico urbano como el BART de San Francisco o la Línea Victoria de Londres han estado funcionando automáticamente desde el primer día, siendo el conductor un pasajero más para vigilar los aparatos.

Este control automático, junto con dispositivos para mantener los trenes a distancias seguras, ha ido acompañado de *mejoras del material rodante* que han aumentado espectacularmente la velocidad. Una alternativa al tren tradicional es el monorraíl [Clave], que, en diversas versiones, existe desde hace mucho tiempo. Aunque no es más rápido, tiene la ventaja de su sencillo tendido soportado por pilares a través de una ciudad.

Con cambios en los tendidos será posible obtener velocidades de más de 250 km/h, más allá del límite de las vías tradicionales.

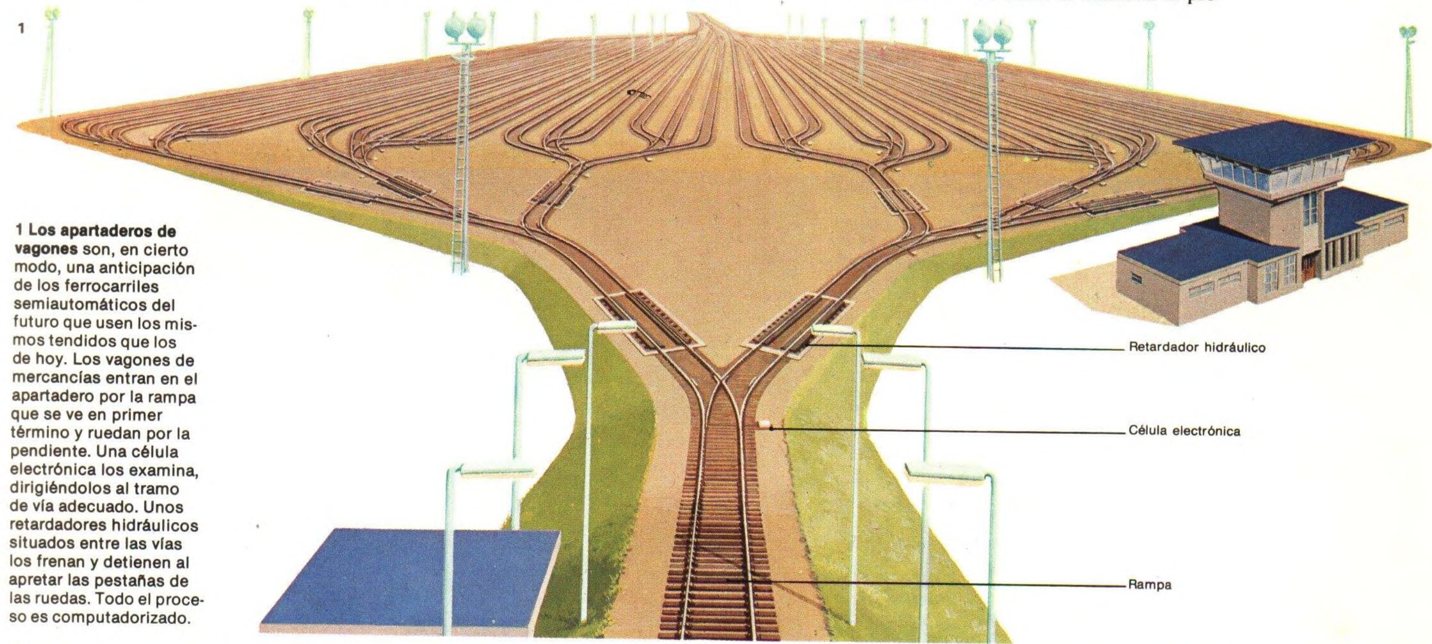
### Las ruedas, anticuadas

El cambio más radical para fines de nuestro siglo podría ser prescindir de las ruedas. Vehículos muy rápidos pueden deslizarse por vías lisas gracias a la *sustentación por cojín de aire* o a la levitación magnética [Clave]. Aunque ambos métodos consumen energía (para hacer lo que la rueda hace por sí misma), el tren sin ruedas puede correr a mucho mayor velocidad con un tendido menos costoso. Suprimiendo todo contacto entre el tren y la vía, casi se eliminaría la necesidad de mantenimiento. El ruido se reduciría al pro-


**REFERENCIAS**

**Véase también**
60 Transporte por ferrocarril
58 Locomotoras
84 Tecnología de los túneles

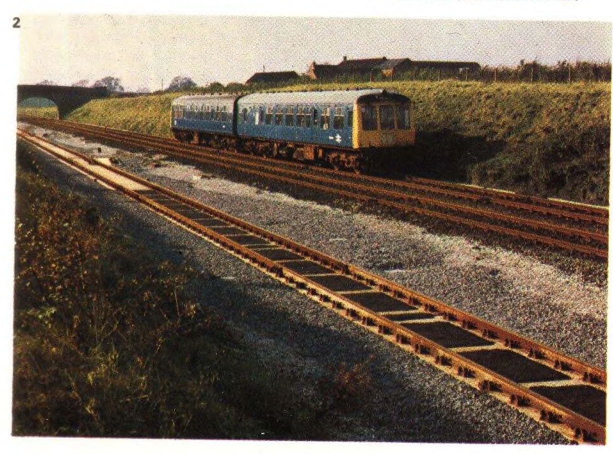

1




**1 Los apartaderos de vagones** son, en cierto modo, una anticipación de los ferrocarriles semiautomáticos del futuro que usen los mismos tendidos que los de hoy. Los vagones de mercancías entran en el apartadero por la rampa que se ve en primer término y ruedan por la pendiente. Una célula electrónica los examina, dirigiéndolos al tramo de vía adecuado. Unos retardadores hidráulicos situados entre las vías los frenan y detienen al apretar las pestañas de las ruedas. Todo el proceso es computadorizado.

**2 Las vías que se ven en primer término** están tendidas sobre secciones de base prefabricadas en hormigón y no precisan balasto ni casi atención a lo largo de los años, al menos en teoría. En una gran red ferroviaria, este tipo de mejora ahorraría sumas mayores que el importe total de la energía necesaria al año para arrastrar los trenes. Pero, dadas las enormes inversiones ya realizadas, es remota la posibilidad de un cambio eventual de la forma y separación de las vías de los tendidos en las grandes redes de ferrocarril que hoy funcionan, aunque sí se mejoren sin cesar los métodos para reducir los costes de mantenimiento.

2



3

**3 El control automático del tren,** que aplica los frenos cuando un convoy se acerca a una dificultad, se ha venido empleando en muchas redes modernas de ferrocarriles a lo largo de muchos años; pero un sistema de control del todo automático está aún en período experimental. Una serie de conductores "serpentea" entre los carriles del tendido; su corriente la detectan (por inducción) unas bobinas colocadas bajo la locomotora, y señalan su presencia en los aparatos de cabina en forma de dígito, p. ej., el número 1. Si un segundo alambre corre en dirección opuesta al primero, su corriente anula eficazmente la del primer alambre, y el equipo registra el número 0. De esta forma, un determinado esquema de conductores puede transmitir una serie de instrucciones codificadas formadas por conjuntos de dígitos consecutivos (que, por ejemplo, represente reducir la velocidad a 50 km/h, detener el tren en el espacio de 2 km, etc.), controlando así automáticamente toda la marcha del tren.

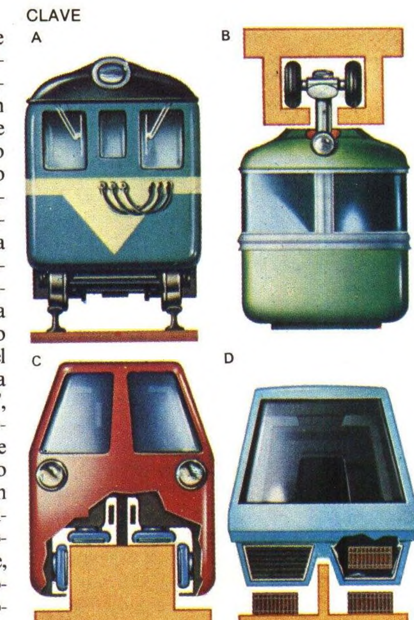
ducido por el aire que escapa por debajo del vehículo y la única potencia necesaria para impulsar al tren a velocidad de crucero sería la precisa para vencer la resistencia al avance. El tendido, construido de secciones de hormigón prefabricadas, tendría que ser bastante recto en comparación con los actuales de metal, debido a que a una velocidad de, por ejemplo, 800 km/h, sería imposible subir pendientes confortablemente, afrontar montañas o tomar las curvas. El vehículo de cojín de aire sobre tendido [4] tiene una tecnología bien desarrollada, aunque todavía no se haya construido ningún sistema extenso.

**Del presente al futuro**

El método de la *sustentación magnética* data del año 1968 y existen ya muchos sistemas experimentales sobre tramos cortos. Consiste en usar el mismo campo magnético a la vez para levantar y para propulsar el tren (compuesto probablemente de un solo vehículo). Para ello se emplean imanes superconductores, que permiten reducir drásticamente el consumo de corriente.

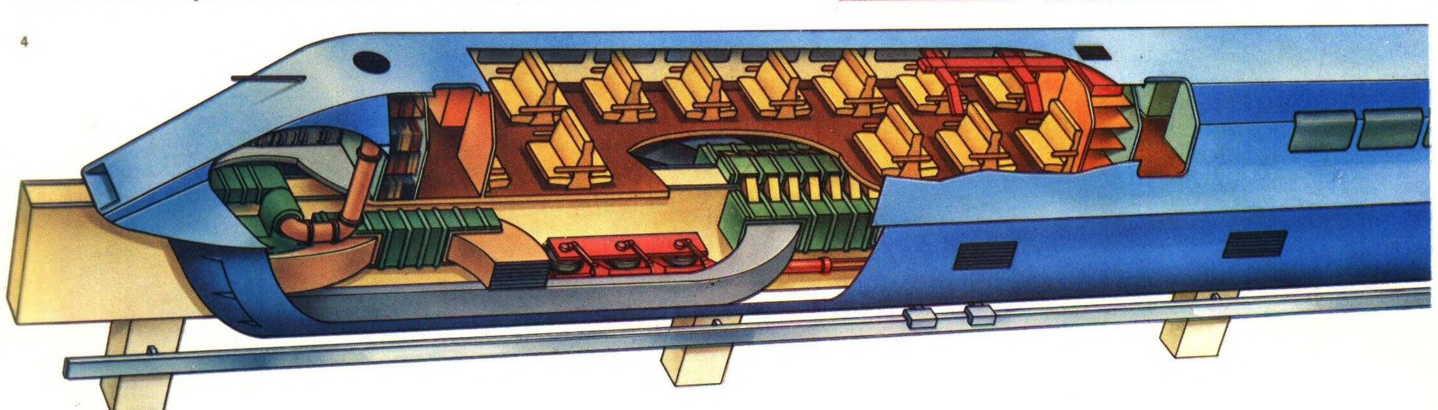
Para un futuro lejano hay previsiones fantásticas. La más prometedora, la más imponente, pero la que es menos probable que veamos en un futuro próximo es el *tren de túnel de gravedad* [6A]. Si se excavara un túnel, por ejemplo, de París a Nueva York, en cada extremo daría la impresión de hundirse precipitadamente en tierra [6B]. Un vehículo colocado en el túnel "caería" hacia su destino al principio de su trayecto. Si en el túnel se hiciera el vacío, el vehículo alcanzaría una velocidad de varios miles de kilómetros por hora en el medio cuando pareciera que estaba viajando horizontalmente. Después parecería subir cada vez más, llegando ya casi parado a su destino, sin haber realizado gasto alguno de energía (excepto la necesaria para vaciar el túnel del aire). Aún no existe la tecnología adecuada para construir tal "ferrocarril", pero sí se podrían construir sistemas gravedad-vacío más cortos, en túneles curvos que se hundirían entre estaciones situadas a sólo algunos kilómetros de distancia, con presión atmosférica detrás del vehículo y un casi vacío delante. Otro tipo de "tren" del futuro podría deslizarse por un tubo lleno de aire, aspirando el aire por delante, comprimiéndolo y lanzándolo por detrás en forma de chorro de propulsión [6C].

CLAVE



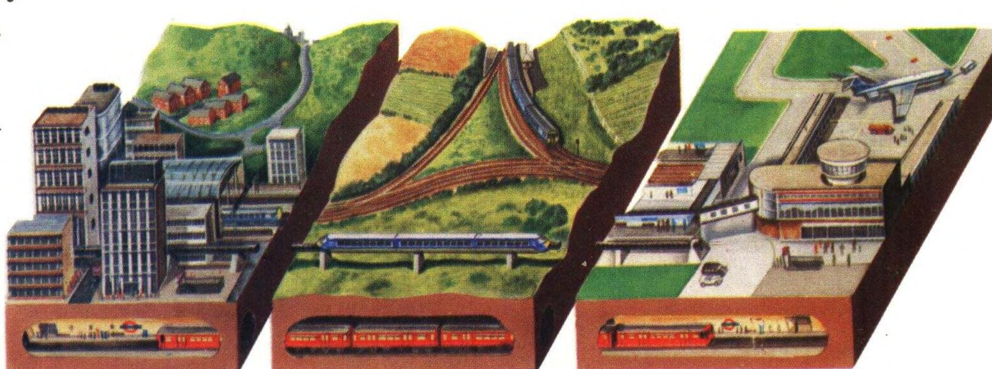

**Existen muchos tipos de ferrocarriles.** Casi todos los tendidos de vías de servicio público son del tipo de dos raíles [A] de acero paralelos. En algunas áreas urbanas hay monorraíles, con los coches montados sobre la vía o colgando de ella [B]. Los defensores de los trenes sobre cojín de aire aseguran que sus tendidos, construidos a base de secciones de hormigón armado [C] prefabricadas, son más baratos. Uno de los más modernos sistemas emplea la levitación magnética [D] para soportar el tren. Ya se han experimentado modelos de todos esos tipos, pero ciertos diseños futuristas sólo existen sobre el papel y nadie puede predecir con certeza a qué se parecerán los ferrocarriles del futuro más próximo, es decir, dentro de un plazo de unos 25 años.

4

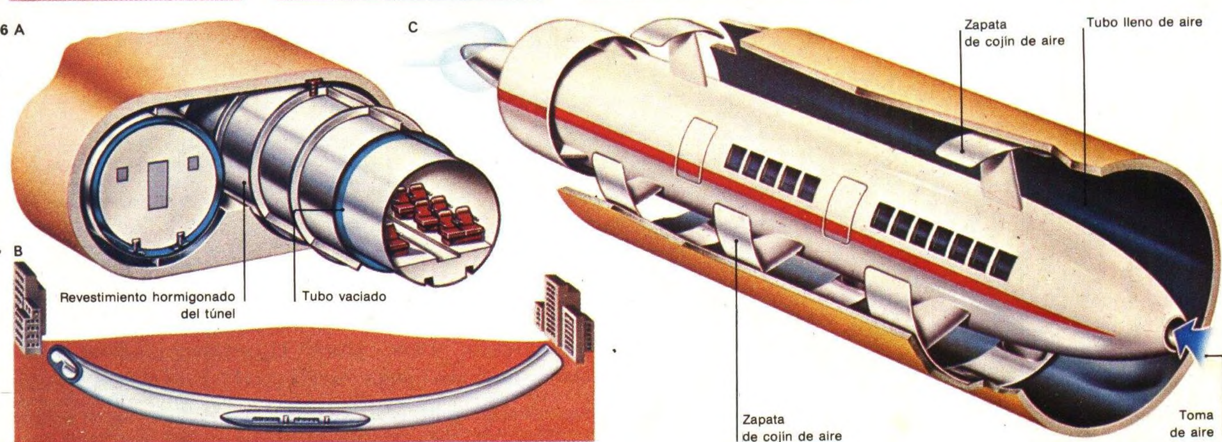


**4 Los trenes de cojín de aire** que se deslizan por un tendido de un solo carril son un ejemplo del tipo de sistema que puede un día sustituir a los dos carriles de acero. El tendido se construye con cajones de hormigón prefabricados, sostenidos sobre cortas pilastras, todo ello de bajo coste. El único contacto físico entre el vehículo y el tendido es el del patín deslizante que alimenta el motor lineal. Unos ventiladores eléctricos crean un cojín de aire que sostiene el vehículo.

5



**5 Se podrían emplear tres tipos de enlace** por raíl para unir una ciudad con un aeropuerto distante. Un ferrocarril de tipo convencional, Diesel o eléctrico, de superficie podría unirlo a la urbe y a otros empalmes ferroviarios. Un trazado subterráneo conectaría al mismo tiempo la ciudad, los suburbios y el aeropuerto. Y, por fin, un monorraíl de alta velocidad podría hacer de lanzadera entre ambos. El subterráneo sería el que menos afectase la edificación existente.




**6 Los proyectos de tren** de túnel de vacío y de tubo de aire son especulaciones futuristas que no se hallan ni siquiera en fase experimental. El tren de túnel de vacío [A] es absorbido por él a lo largo del recorrido; la gravedad ayuda a la aceleración y a la desaceleración, debido al fuerte descenso del túnel al salir de una estación y a la subida al llegar a la siguiente [B]. El vehículo de tubo aéreo [C] se mantiene centrado gracias a las zapatas del cojín de aire y se desplaza mediante el flujo de aire que pasa a través de él.

# Globos y dirigibles

Cuando los hombres primitivos soñaban con volar, solían imaginar unas "máquinas voladoras" parecidas a pájaros artificiales. Pero ocurrió que, más de un siglo antes de la aparición de la tecnología que permitiera esta forma de vuelo, se inventó en Francia una manera de volar totalmente distinta a la imaginada. Este método, que surgió de forma inesperada, se basaba en el uso de globos, y dio lugar al llamado vuelo en "aparatos más ligeros que el aire". La denominación técnica de este tipo de aeronaves es *aeróstato*. Los aeróstatos flotan en el aire y se mantienen a una altura determinada que depende de su masa, de la atmósfera que los rodea y del volumen de aire que desplazan.

**La construcción de globos**

La idea de hacer un *globo* con algún material ligero, lleno de un gas que tuviese una densidad menor que la del aire, data de tiempos medievales. Posteriormente, en 1670, Francesco de Lana propuso una nave aérea que se levantaría por la fuerza ascendente de cuatro grandes esferas de cobre de las que se habría extraído el aire. Pero Lana ignoraba que una esfera bastante resistente como para no aplastarse bajo la presión exterior pesaría muchas veces más que la masa de aire que desplazase. En el siglo siguiente, el globo se hizo mucho más asequible, tras el descubrimiento del gas que nosotros llamamos *hidrógeno* y que es el menos denso de los elementos.

En 1782, en Francia, los fabricantes de papel Joseph y Étienne Montgolfier (1740-1810 y 1745-99, respectivamente) habían observado que unos restos de papeles quemados ascendían en espiral por encima de una hoguera. Y se preguntaron: ¿Por qué ascienden estos fragmentos? Gracias a su pericia en el manejo del papel, los hermanos Montgolfier lograron construir pequeños globos que se elevaban al ser llenados de aire caliente. El 4 de junio de 1783 hicieron elevar un globo de 11 metros, hecho con tela y papel, que alcanzó una altitud de unos 1.800 m.

Este globo causó una gran sensación. Por las mismas fechas, Jacques Charles (1746-1823) había empezado a construir un globo de hidrógeno, al tiempo que los mismos Montgolfier, con un globo de aire caliente que llevaba fuego debajo, consiguieron elevar a un hombre. El 15 de octubre de 1783 Pilâtre de Rozier se elevó en el aire en un globo cautivo, y cinco semanas más tarde [Clave] él mismo y el marqués de Arlandes efectuaron el primer viaje aéreo de la historia, al cubrir 8 km en 25 minutos llevados por una suave brisa. El globo de hidrógeno de Charles realizó su primer vuelo diez días más tarde: el 1 de diciembre de 1783. En los 100 años que siguieron, los "aparatos más ligeros que el aire" monopolizaron los intentos del hombre de volar. Se llegaron a hacer globos que se elevaban hasta 6.000 m y que volaban cientos de km. En 1870, durante la guerra franco-prusiana, los globos fueron el único enlace entre el asediado París y el mundo exterior.

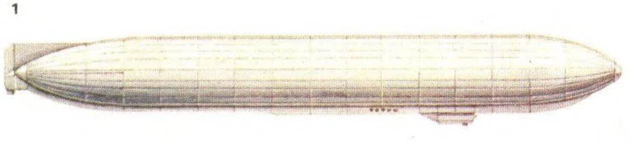
**Utilidad de los globos y aeronaves**

Era natural que los primeros aeronautas desearan disponer de algún medio de locomoción que los liberase de la arbitrariedad de las rachas de viento. Se ensayaron remos y hélices movidas a mano, pero hasta que Henri Giffard (1823-1921) no inventó, en 1852, el *dirigible* con máquina de vapor, las aeronaves no hicieron su aparición como vehículos. Las primeras aeronaves eran lo que ahora denominamos "de estructura nó rí-


**REFERENCIAS**

**Véase también**
**66** Historia de los aviones
**72** Helicópteros y autogiros
**28** Historia del transporte


1



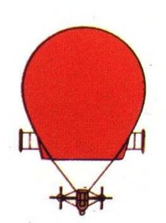
**1 Ferdinand von Zeppelin** (1838-1917) fue el pionero de los dirigibles rígidos, los cuales tomaron su nombre. Su primera nave, la LZ1, voló en 1900 y fue seguida por otras muchas, entre ellas este LZ13 de 1912. Tenía 141,5 m de largo y 13,8 de diámetro, y podía transportar más de seis toneladas de peso entre pasajeros y carga. Esta aeronave, llamada *Hansa*, hizo cerca de 400 vuelos, llevando 8.000 pasajeros y recorriendo 45.000 km. La LZ14 la encargó la marina de guerra alemana y el ejército confiscó dirigibles comerciales para misiones de observación y bombardeo durante la I Guerra Mundial, pero no resultaron eficaces para ello.

2



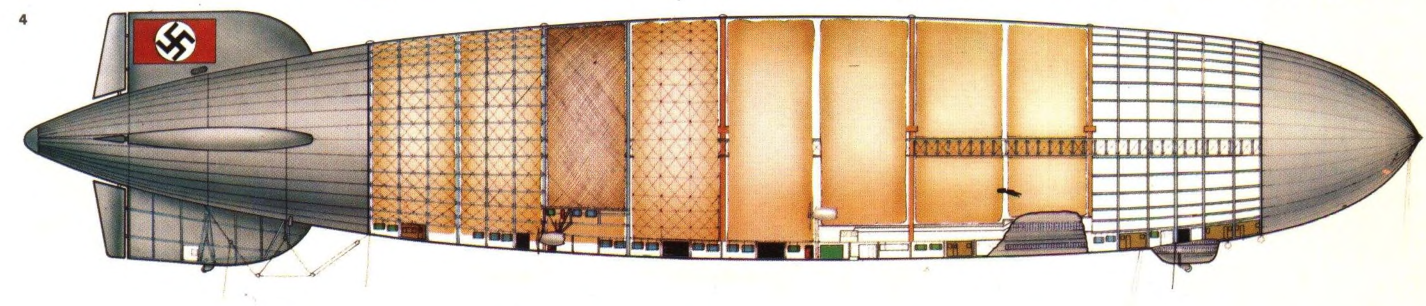
**2 Todos los aeróstatos no rígidos** tienen envolturas flexibles que se estabilizan al inflarse a presiones ligeramente superiores a la de la atmósfera circundante. La carga se suspende mediante un sistema de cuerdas y cables, que distribuye el peso por toda la envoltura de tela. El dirigible aquí representado era un patrullero de la clase Mar del Norte que data de la I Guerra Mundial, pero los aeróstatos dirigibles que vuelan aún hoy día, llenos de gas helio ininflamable, son similares. Algunos de ellos se emplean para publicidad, portando grandes instalaciones luminosas para exhibir eslóganes e imágenes. Otros están en experimentación para el transporte de carga.

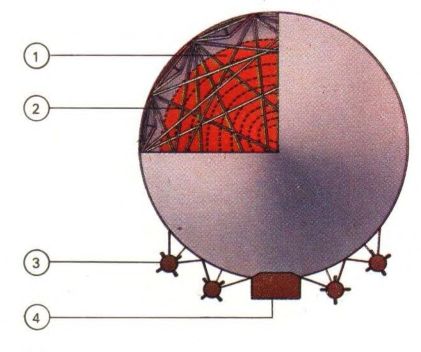
3



**3 Los dirigibles semirrígidos** empleados por los italianos durante la I Guerra Mundial eran parecidos a este SR 1, comprado por los ingleses. Amundsen, con el dirigible *Norge*, que era similar al de la ilustración, sobrevoló el Polo Norte en 1926. No había ninguna estructura rígida dentro de la envoltura del gas, pero de proa a popa corría una quilla rígida que servía de estructura a la que se fijaba todo lo que fuera necesario. Desde la quilla subían cuerdas y cables para asegurar la envoltura, mantener su forma y permitir que sustentase la totalidad de la nave. Colgando debajo de la quilla iba la cabina de la tripulación y carga útil, con las barquillas de los motores.

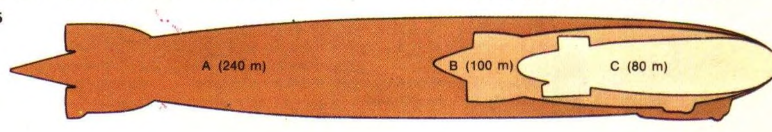
4






**4 Los dirigibles rígidos** poseían una armazón que contenía el gas para la sustentación en una serie de bolsas [1]. Los mayores de todos los construidos fueron el LZ129 *Hindenburg* (1936) y el LZ130 *Graf Zeppelin* (1938). Cada uno de ellos contenía 200.000 $m^3$ de hidrógeno en el interior de las bolsas de gas que se alojaban en el interior de la estructura de aluminio [2], de la que colgaban cuatro motores Diesel de 1.050 CV [3], además de la barquilla para la carga útil [4], que podía ser de 50 pasajeros, sus equipajes, carga general y correo; su empuje ascensional era de unas 232 tm. El punto débil de los dirigibles era la inflamabilidad del hidrógeno, que fue la causa de la explosión del LZ129 *Hindenburg* el año 1937, en Estados Unidos.

5




**5 Tamaños relativos de los tres tipos** de dirigible, mostrando los mayores tamaños posibles en aeróstatos rígidos [A], comparados con los semirrígidos [B] y los flexibles [C]. Los de tipo rígido pueden tener ese tamaño debido a que poseen una armazón, de gran ligereza pero muy resistente, que aloja las bolsas hinchadas con gas y soporta el fino forro exterior.

# El "Duomo" de Milán

Todas las ciudades tienen algún edificio por el que son fácilmente reconocidas, un monumento que se convierte en el símbolo de la ciudad. El Duomo es, sin lugar a dudas, el símbolo de Milán. Pero además de ser el edificio más majestuoso e imponente de la ciudad y de encontrarse en el centro de la misma, la catedral de Milán es también el modelo más completo de la arquitectura gótica italiana.

Su construcción fue iniciada en 1386, en tiempos del duque Gian Galeazzo Visconti, siguiendo los planos de un arquitecto desconocido. En los siglos XV y XVI, la construcción fue proseguida por artistas lombardos, franceses y alemanes. Pero no se concluyó hasta la época de Napoleón, a principios del siglo XIX, y todavía en el siglo XX se realizaron algunos trabajos de la fachada.

En el interior se aprecia la estructura de iglesia de cinco naves, separadas por más de 50 pilares de una altura considerable. Su superficie cubre unos 11.700 $m^2$, lo que la coloca entre los edificios de este tipo más grandes del mundo, después de San Pedro del Vaticano y algún otro. El ábside, obra de Nicolò de Bonaventura, merece una especial atención por sus tres inmensos ventanales con vidrieras, considerados los más altos del mundo.

Pero más que el interior, lo que siempre se ha admirado del Duomo es el conjunto exterior. Es una prodigiosa mole de mármol erizada de pináculos, gabletes, hornacinas, doseles, arbotantes y estatuas. Constituye un conjunto escultórico que atrae por la extraordinaria ligereza, que parece sugerir el trabajo de filigrana de sus formas y la imponente majestuosidad de sus dimensiones. Para dar idea de ello, basta contrastar algunas cifras: tiene más de 2.200 esculturas y unas 135 flechas caladas, la más elevada de las cuales, coronada por una imagen de la Virgen —la *Madonnina*—, alcanza los 108 m de altura. Pero aún hay otro contraste que hace del Duomo un monumento singular: el contraste entre el material constructivo y el estilo arquitectónico. En estilo gótico estamos muy habituados a los edificios en piedra —e incluso, en algún caso, al ladrillo—, pero no a un conjunto gótico como éste enteramente en mármol blanco.

***En la página anterior, vista exterior del Duomo (catedral) de Milán. A pesar de ser una mole imponente por sus dimensiones, la esbeltez y delicadeza de su decoración lo convierten en un monumento grácil, de una atmósfera casi etérea.***


CLEMENS XII PONT MAX
AQVAM VIRGINEM
COPIA ET SALVBRITATE COMMENDATAM
CVLTV MAGNIFICO ORNAVIT
ANNO DOMINI MDCCXXXV PONTIF VI